



EESTI MAAÜLIKOOL

Metsandus- ja maaehitusinstituut

Renar Telling

**OSB/3 PLAADI VALITUD MEHAANILISTE JA
FÜÜSIKALISTE OMADUSTE MUUTUMINE VÄIKESE ARVU
VANANEMISE PERIOODIDE TÕTTU**

**CHANGES OF SELECTED MECHANICAL AND PHYSICAL
CHARACTERISTICS IN OSB/3-BOARDS AFTER SMALL
NUMBER OF AGING PERIODS**

Ehitusinseneriõppe lõputöö

Maaehituse õppekava

Juhendajad: Emeriitdots. Harri Lille, *füüs. – mat. kand*

Dots. Regino Kask, *PhD*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Renar Telling		Õppekava: Maaehitus	
Pealkiri: OSB/3 plaadi valitud mehaaniliste ja füüsikaliste omaduste muutuine väikese arvu vananemise perioodide tõttu			
Lehekülgi: 127	Jooniseid: 55	Tabeleid: 23	Lisasid: 79
Õppetool:		Maaehituse ja veemajanduse õppetool	
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood:		Tsiviilehitus, T220	
Juhendajad:		emer-dots. Harri Lille, dots. Regino Kask	
Kaitsmiskoht ja -aasta		Tartu, 2019	
<p>Uurimustöö eesmärgiks oli uurida OSB/3 plaadi sisesidususe, kruvi väljatõmbejõu, paksuse pundumise muutumist sõltuvalt väikese arvu kiirendatud vanandamise perioodide arvust. Ühe katsekehade partiiga määrati sisesidusust ja lisaks uuriti katsekeha lõikeserva kinnitatud kruvi mõju. Teise katsekehade partiiga uuriti kruvide väljatõmbejõudu, mis olid kinnitatud pealispinnalt ja lõikservadesse olenevalt plaadi laastude orientatsioonist.</p>			
<p>Töö esimeses etapis tegeleti plaadi katsekehadeks tükeldamise ja markeerimisega ning katsete ettevalmistamisega. Katsekehade joonmõõtmete mõõtmiseks kasutati digitaalset nihikut ja mikromeetrit. Teises etapis sooritati sisesidususe ja kruvi väljatõmbe katsed universaalse katsemasinaga INSTRON 3369. Katsekehadega sooritati kolm kiirendatud vanandamisperioodi. Vanandamisperiood koosnes 72-tunnisest ligunemisest ja 24-tunnisest külmumisest. Mõlema operatsiooni järgselt kuivatati osa katsekehi. Katsete sooritamisel järgiti Euroopa standardeid (EN). Kolmandas etapis lähendati katsetulemusi analüütilise võrrandiga ja võrreldi neid varem kaitstud magistritöodes analoogiliste katsete saadud tulemustega.</p>			
<p>Katsetulemused näitasid, et kinnituskruvi olemasolu ja tema orientatsioon laastude suhtes mõjutab sisesidusust, kuid külmutamistsükkel perioodis ei avaldanud talle olulist mõju. Serva kinnitatud kruvi väljatõmbejõud oli külmutatud katsekehadest tõmmates väiksem kui</p>			

leotatud kehadest, kuid pealt kinnitatud kruvide väljatõmbejõud on vastupidiselt suurem külmutatud katsekehadest.

Märksõnad: OSB/3, sisesidusus, kruvi väljatõmbejõud, pundumine, leotamine, külmutamine, kuivatamine, vanandamisperiood

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Renar Telling		Curriculum: Rural building	
Title: Changes of selected mechanical and physical characteristics in OSB/3-boards after small number of aging periods			
Pages: 127	Figures:55	Tables:23	Appendixes:79
Chair:		Chair of Rural Building and Water Management	
Field of research and (CERC S) code:		Civil engineering, T220	
Supervisors:		Assoc. prof. emer. Harri Lille, Assoc. prof. Regino Kask	
Place and date:		Tartu, 2019	
<p>The purpose of this Master's thesis was to study OSB/3 board internal bond strenght, screw withdrawal resistance and swelling in thickness changes after small number of accelerated aging periods. One batch of specimens were used to determine internal bond strength, in addition fixed screw influence on specimen was studied. Second batch of specimens were used to study screw withdrawal resistance regarding the strands orientation in boards from face and edge.</p> <p>First stage of research was to cut and mark specimens and preparation of experiments. Digital calibers and micrometer were used to measure the linear dimensions of the specimens. The second stage consisted of internal bond strength and screw withdrawal tests using universal test machine INSTRON 3369. Three accelerated periods of aging were performed on the test specimens. The aging period consisted of soaking 72 hours and freezing 24 hours. After both parts, some of the specimens were dried. Tests were done by following European standards (EN). In the third stage, test results were approximated with the analytical equation and compared test results with previously performed Master's thesis.</p>			

Test results showed, that the presence of screw and screw orientation to the strands affects boards internal bond strength, but the test results were not significantly affected by freezing cycle. Screw withdrawal resistance from edge was lower in frozen specimens than from soaked, although screw withdrawal resistance from face was higher from soaked than frozen specimens.

Keywords: OSB/3, internal bond strenght, screw withdrawal resistance, swelling in thickness, soaking, freezing, drying, aging pediod

SISUKORD

SISSEJUHATUS	11
1. KIRJANDUSE ANALÜÜS JA OSB ÜLEVAADE	14
1.1. Puitlaastplaadi tootmine	14
1.2. Puitlaastplaadid	15
1.3. OSB plaat	16
1.4. Puitlaastplaadi kruvi väljatõmbejõu prognoos sisesidususe mudelitest.....	18
2. KATSESEADMED, -VAHENDID JA –METOODIKA	19
2.1. Katsete tegemiseks vajalikud seadmed	19
2.1.1. Katsekehade lõikamisel kasutatud seade	19
2.1.2. Katsekehade pilootavade puurimiseks kasutatud seade	20
2.1.3. Katsekehade kuivatusseade	20
2.1.4. Sisesiduvuse katsekehade ettevalmistamiseks vajalikud seadmed	21
2.1.5. Seade, mida kasutati katsete teostamisel.....	22
2.2. Katsetamisel kasutatud vahendid	24
2.2.1. Katsekehade mõõtmiseks kasutatud vahendid	24
2.2.2. Sisesiduvuse katsekehade ettevalmistamisel kasutatud pitskruvid	25
2.2.3. Katsetes kasutatud kruvid	25
2.2.4. Katsekehade leotuseks kasutatud vahendid	26
2.3. Katsete meetoodika.....	26
2.3.2. Katsekehade markeerimine ning mõõtmine	29
2.3.3. Kruvide kinnitamine katsekehadesse	30
2.3.5. Katseperioodide ülesehitus.....	33
2.3.6. Sisesiduvuse määramine	34
2.3.7. Kruvi väljatõmbejõu määramine.....	36
2.3.8. Pundumise määramine paksuses	36
2.3.9. Katsetulemuste kirjeldamine	37
3. KATSETULEMUSED JA NENDE ANALÜÜS	41
3.1. Sisesidususe katsetulemuste analüüs	41
3.1.1. Sisesidususe katsetulemused märgade katsekehadega.....	42

3.1.2. Sisesidususe katsetulemused kuivade katsekehadega	49
3.2. Kruvi väljatõmbe katsetulemuste analüüs.....	56
3.2.1. Märgade katsekehade serva kinnitatud kruvide väljatõmbejõud	56
3.2.2. Kuivade katsekehade serva kinnitatud kruvide väljatõmbejõud	61
3.2.3. Märgade katsekehade pealispinnalt kinnitatud kruvide väljatõmbejõud	66
3.2.4. Kuivade katsekehade pealispinnalt kinnitatud kruvide väljatõmbejõud	68
3.3. Kruvi väljatõmbe katsete võrdlus Valdor Reigo magistritööga.....	70
3.3.1. Kruvi väljatõmbejõu võrdlus märgade katsekehadega, lõikeservast	70
3.3.2. Kruvi väljatõmbejõu võrdlus kuivade katsekehadega, lõikeservast.....	72
3.3.3. Pealispinnalt katsekehasse kinnitatud kruvi väljatõmbejõu võrdlus märgade ja kuivade katsekehade tulemustega	74
3.4. Paksuses pundumise katsetulemuste analüüsimine.....	75
3.4.1. Märgade katsekehade kaksuses pundumise katsetulemused.....	76
3.4.2. Paksuses pundumise katsetulemused kuivade katsekehadega	82
3.4.3. Paksuses pundumise katsetulemuste võrdlus Renee Tamm magistritööga.....	86
KOKKUVÕTE.....	88
KASUTATUD KIRJANDUS	92
LISAD	95
Lisa 1. Sisesidususe katseperioodi 0 – 0 katsekehade tulemused	96
Lisa 2. Sisesidususe katseperioodi 1 – 1 katsekehade tulemused	96
Lisa 3. Sisesidususe katseperioodi 1 – 2 katsekehade tulemused	96
Lisa 4. Sisesidususe katseperioodi 1 – 3 katsekehade tulemused	97
Lisa 5. Sisesidususe katseperioodi 1 – 4 katsekehade tulemused	97
Lisa 6. Sisesidususe katseperioodi 2 – 1 katsekehade tulemused	97
Lisa 7. Sisesidususe katseperioodi 2 – 2 katsekehade tulemused	98
Lisa 8. Sisesidususe katseperioodi 2 – 3 katsekehade tulemused	98
Lisa 9. Sisesidususe katseperioodi 2 – 4 katsekehade tulemused	98
Lisa 10. Sisesidususe katseperioodi 3 – 1 katsekehade tulemused	99
Lisa 11. Sisesidususe katseperioodi 3 – 2 katsekehade tulemused	99
Lisa 12. Sisesidususe katseperioodi 3 – 3 katsekehade tulemused	99
Lisa 13. Sisesidususe katseperioodi 3 – 4 katsekehade tulemused	100
Lisa 14. Sisesidususe katseperioodi 0 – 0 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	100

Lisa 15. Sisesidususe katseperioodi 1 – 1 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	100
Lisa 16. Sisesidususe katseperioodi 1 – 2 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	101
Lisa 17. Sisesidususe katseperioodi 1 – 3 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	101
Lisa 18. Sisesidususe katseperioodi 1 – 4 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	101
Lisa 19. Sisesidususe katseperioodi 2 – 1 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	102
Lisa 20. Sisesidususe katseperioodi 2 – 2 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	102
Lisa 21. Sisesidususe katseperioodi 2 – 3 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	102
Lisa 22. Sisesidususe katseperioodi 2 – 4 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	103
Lisa 23. Sisesidususe katseperioodi 3 – 1 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	103
Lisa 24. Sisesidususe katseperioodi 3 – 2 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	103
Lisa 25. Sisesidususe katseperioodi 3 – 3 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	104
Lisa 26. Sisesidususe katseperioodi 3 – 4 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused	104
Lisa 27. Sisesidususe katseperioodi 0 – 0 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	104
Lisa 28. Sisesidususe katseperioodi 1 – 1 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	105
Lisa 29. Sisesidususe katseperioodi 1 – 2 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	105
Lisa 30. Sisesidususe katseperioodi 1 – 3 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	105
Lisa 31. Sisesidususe katseperioodi 1 – 4 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	106
Lisa 32. Sisesidususe katseperioodi 2 – 1 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	106
Lisa 33. Sisesidususe katseperioodi 2 – 2 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	106

Lisa 34. Sisesidususe katseperioodi 2 – 3 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	107
Lisa 35. Sisesidususe katseperioodi 2 – 4 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	107
Lisa 36. Sisesidususe katseperioodi 3 – 1 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	107
Lisa 37. Sisesidususe katseperioodi 3 – 2 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	108
Lisa 38. Sisesidususe katseperioodi 3 – 3 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	108
Lisa 39. Sisesidususe katseperioodi 3 – 4 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused	108
Lisa 40. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 0 – 0 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	109
Lisa 41. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 1 – 1 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	109
Lisa 42. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 1 – 2 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	110
Lisa 43. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 1 – 3 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	110
Lisa 44. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 1 – 4 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	111
Lisa 45. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 2 – 1 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	111
Lisa 46. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 2 – 2 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	112
Lisa 47. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 2 – 3 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	112
Lisa 48. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 2 – 4 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	113
Lisa 49. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 3 – 1 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	113
Lisa 50. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 3 – 2 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	114
Lisa 51. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 3 – 3 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	114
Lisa 52. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 3 – 4 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	115

Lisa 53. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 0 – 0 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	115
Lisa 54. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 1 – 1 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	116
Lisa 55. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 1 – 2 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	116
Lisa 56. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 1 – 3 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	117
Lisa 57. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 1 – 4 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	117
Lisa 58. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 2 – 1 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	118
Lisa 59. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 2 – 2 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	118
Lisa 60. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 2 – 3 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	119
Lisa 61. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 2 – 4 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	119
Lisa 62. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 3 – 1 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	120
Lisa 63. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 3 – 2 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	120
Lisa 64. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 3 – 3 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	121
Lisa 65. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 3 – 4 serva kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused	121
Lisa 66. Katsekehade katseperioodi 0 – 0 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	122
Lisa 67. Katsekehade katseperioodi 1 – 1 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	122
Lisa 68. Katsekehade katseperioodi 1 – 2 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	122
Lisa 69. Katsekehade katseperioodi 1 – 3 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	123
Lisa 70. Katsekehade katseperioodi 1 – 4 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	123
Lisa 71. Katsekehade katseperioodi 2 – 1 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	123

Lisa 72. Katsekehade katseperioodi 2 – 2 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	124
Lisa 73. Katsekehade katseperioodi 2 – 3 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	124
Lisa 74. Katsekehade katseperioodi 2 – 4 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	124
Lisa 75. Katsekehade katseperioodi 3 – 1 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	125
Lisa 76. Katsekehade katseperioodi 3 – 2 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	125
Lisa 77. Katsekehade katseperioodi 3 – 3 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	125
Lisa 78. Katsekehade katseperioodi 3 – 4 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused	126
Lisa 79. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	127

SISSEJUHATUS

Puitlaastplaatide hea füüsikaliste ja mehaaniliste omaduste ning hinna suhtes kasutatakse neid laialdaselt nii ehituses kui ka mööblitööstuses. Kuna plaate kasutatakse ehituses on vaja teada saada selle füüsikalise- mehaaniliste omaduste muutumine erinevates keskkonnatingimustes. Plaadi hinda mõjutavad toormaterjal ning tootmisviis.

Puitlaastplaate toodeti aastal 2007 mahus 90 miljonit m³. Puitlaastplaat on plaatmaterjal, mis on valmistatud kokku pressimise teel kõrgel surve ja temperatuuril puidu osakestest ja sideainest. Puitlaastplaadid koosnevad ühest või mitmest kihist. Mitmekihilises puitlaastplaadis on tavaliselt kolm kihti: välimine-sisemine-välimine. Välimised kihid on tehtud peenematest puidu fraktsioonidest ja sisemine on valmistatud jämedamast fraktsioonist, sellest tuleneb plaadi ebaühtlane tihedus kogu plaadi ulatuses. Puitlaastplaatide hulka kuuluvad orienteeritud laastuga plaadid ehk OSB. [6]

OSB toodeti 5,6 miljonit m³, mis on võrreldes aastast 2016 kasvanud 3,3 % [18]. Plaadid jagunevad standardi EVS-EN 300:2006 alusel järgmiselt [10]:

1. OSB/1 on üldise otstarbega mittekanvad plaadid kuivades tingimustes.
2. OSB/2 on koormust kanvad plaadid kuivades tingimustes.
3. OSB/3 on koormust kanvad plaadid märgades tingimustes.
4. OSB/4 on suurt koormust kanvad plaadid niisketes tingimustes.

OSB on laialdaselt levinud ning neist enim, 77 % kogutoodangust, kasutatakse just OSB/3 [18]. Kasutusleviku alusel valiti käesolevas magistritöös katsematerjaliks OSB/3, mida kasutatakse ehituses põranda-, seina- ja laekonstruktsioonides.

Uurimustöö eesmärgiks oli uurida OSB/3 plaadi füüsiliste ja mehaaniliste omaduste muutumist väikese arvu kiirendatud vanandamise perioodide tõttu. Täiendavalt uuriti sisesidusust, kruvi väljatõmbejõudu plaadi servast ja pealt ning pundumist paksuses. Sisesidususe katsetega uuritakse, kas plaadis olevad kruvid mõjutavad plaadi enda ristisuunalist tugevust ning kas see oleneb kruvide orientatsiooni suhtes laastudega. Sisesidususe kruvid kinnitati katsekehadesse eelpuuritud aukudesse, mis asusid plaadi keskmises kihis. Kruvi väljatõmbe katsetel kinnitati kruvid katsekehadele servast ja pealt. Servadesse kinnitatud kruvidega uuritakse plaadi laastude orientatsioonist tulenevaid väljatõmbe tugevusejõu väärtuste erinevusi ning pealt kinnitatud kruvidega uuritakse tsüklite mõju kruvi väljatõmbejõule. Pundumisega uuritakse plaadi paksuse muutumist vanandamisperioodide arvust. Katsekehad läbivad 3 perioodi, igas perioodis testitakse 4 seeriat katsekehi.

OSB/3 plaadist kruvide väljatõmbejõu muutumist ligunemis ja kuivamis perioodide arvust on uurinud varem Eesti Maaülikoolis oma magistritöös Valdor Reigo (2018) [4]. Ta võrdles kruvi kinnitustugevuse muutust seoses elastsusmooduli ja paindetugevusega Siim Kallau (2014) [8] ning Renee Tamm (2018) [7] tulemustega. Võrreldes Valdor Reigo magistritööga on perioodi lisandunud 24 tunnine külmumistsükkel, ligunemistsükli pikkuseks on 24 tunni asemel 72 tundi. Uurimustöös ei kasutatud hüdroisolatsioonimastiksit plaadi äärtes, kuna varematest uurimustööde tulemustest on välja tulnud, et mastiks katsetulemusi märgatavalt ei mõjuta. Sisesidususe katsel lähtuti standardist EVS_EN 319:2000 [5]. Kruvi väljatõmbe katsetel lähtuti standardist EVS-EN 320:2011 [3]

Katsekehad lõigati välja kolmest samasugusest Swiss Krono OSB/3 plaadist mõõtudega 2500 x 1250 mm ja paksusega 12 mm. Plaadid koosnesid kolmest omavahel risti olevast kihist, välimine-sisemine-välimine. Kihid on ühendatud vedela karbamiidvaikliimiga. Esimesest plaadist lõigati välja kruvi väljatõmbejõu määramiseks katsekehad plaadi abitelje sihis ning sisesidususe katsekehad, kuhu kinnitati kruvi plaadi abitelje sihis. Teisest plaadist lõigati välja kruvi väljatõmbejõu määramiseks katsekehad, plaadi peatelje sihis ning kolmandast plaadist lõigati sisesidususe katsekehad, kuhu kinnitati kruvi plaadi peatelje sihis ning kruvita katsekehad. Sisesidususe katsekehi oli kokku 234 ja kruvi väljatõmbe katsekehi 136. Igas

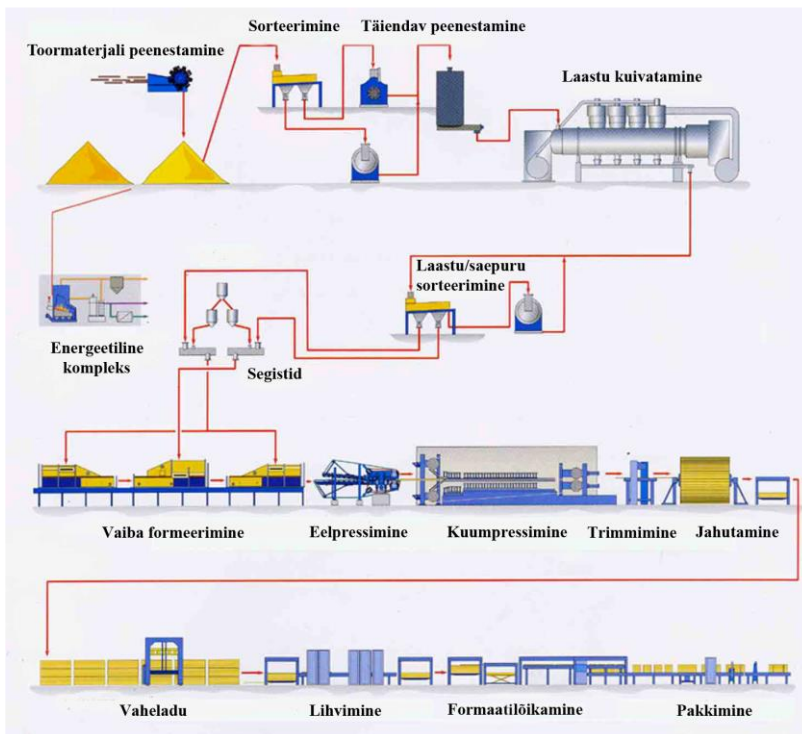
sisesidususe katseseerias oli 18 katsekeha, 6 kruvita katsekeha, 6 kruviga plaadi abitelje sihis ja 6 kruviga plaadi peatelje sihis. Kruvi väljatõmbejõu määramise katseseerias oli 12 katsekeha, pooltele neist kinnitati 3 kruvi servast ning pooltele 2 kruvi pealispinnalt. Omakorda jaguneid need kruvi kinnitussuunaga plaadi telgede suhtes. Tsüklilise katseperioodi koostamisel võeti aluseks analüüsitud artiklit [21]. Katseperiood koosnes 72 tunnist ligunemisest, pärast mida üks seeria katsekehi läks kuivatuskappi 48 tunniks, ülejäänud 24 tunniks külmutuskappi, pärast mida sulatati osa katsekehi vees ning pandi kuivatuskappi 48 tunniks.

Uuritavate OSB/3 omaduste katsetulemuste sõltuvust leotmis-, külmutamis-, ja kuivatamise perioodide analüüsimisel kasutati arvutiprogramme *Microsoft Office Excel* ja *PTC Mathcad 15*. Exceliga koostati katsetulemuste alusel koondtabelid ja tulpdiagrammid. *Mathcad 15* kasutati sisesidususe ja kruvi väljatõmbejõu katsetulemuste murdlineaarse regressioonikõvera *Genfit* (V_x , V_y , v_g , F) koostamisel. Paksuses pundumise lähenduskõverate koostamisel kasutati eksponent funktsiooni.

1. KIRJANDUSE ANALÜÜS JA OSB ÜLEVAADE

1.1. Puitlaastplaadi tootmine

Puitlaastplaat koosneb sideainest ja pressitud puiduosakestest. Laastudeks kasutatakse enamasti okaspuu laastu, kuid sobivad kõik puuliigid. 1941 avati esimene puitlaastplaadi tehas Saksamaal, Breemenis. Eestis hakati puitlaastplaate tootma 1950-ndatel aastatel. Puitlaastplaate toodetakse erinevates mõõtudes: paksus 3,2 - 38,0 mm, laius 400 – 2530 mm ning pikkus 1500 – 6020 mm. Puitlaastplaadi omadusi mõjutavad laastu kuju, -suurus, -tihedus, -suund plaadis ning liimi tüüp ja tootmisviis. Plaadi tihedus jääb 450 – 750 kg/m³ vahele. Puitlaastplaatide tootmisprotsess on suures osas sarnane kõikides seda tootvates ettevõtetes ning koosneb sarnastest liini koostisosadest (joonis 1). [6]



Joonis 1. Puitlastplaadi tootmisprotsess [6]

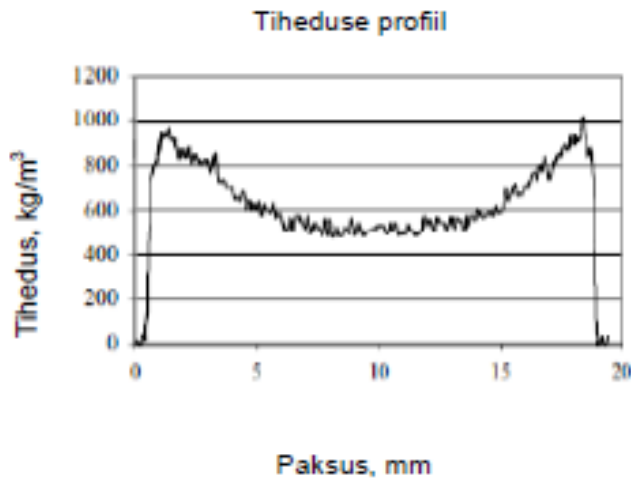
Tootmine algab laost, kus hoitakse tooret laastude või saepuru kujul. Laost viiakse laastud peenestamisele ning seejärel eelsorteerimisse, kus toimub laastude esmane sorteerimine ja kuivatisse laskmine. Pärast kuivatamist sorteeritakse laastud plaadi välis- ja sisekihi järgi fraktsioonideks. Sorteeritud laastud segatakse segistites sideainega ning lisanditega. Edasi toimub plaadi alumise kihi formeerimine, seejärel keskmine kiht ning viimasena pealne kiht. Pärast seda toimub eelpressimine. Seejärel viiakse eelpressitud laastuvaip kuumpressimisele, millele järgneb plaadi trimmimine ja jahutamine. Pärast seda viiakse plaat vahelattu, kus plaat lihvitakse õigesse paksusesse ja lõigatakse õigesse mõõtu. Seejärel toimub plaatide pakendamine. [6]

Euroopas on märgata puitlaastplaatide toomise mahu suurenemist aastast aastasse. 2015 aastal toodeti 30,007 miljonit m³, kuid 2016 aastal tõusis tootmise maht Euroopas 30,25 miljoni m³, mis on 0.8 % suurem. Eestis toodeti puitlaastplaate 2015 aastal 151 000 m³ ning 2016 aastal 160 000 m³, mis on 6 % suurenenud võrreldes eelneva aastaga. [19]

1.2. Puitlaastplaadid

Paljud ettevõtted toodavad tänapäeval mitmekihilisi puitlaastplaate. See võimaldab kasutada ära kõik puidu fraktsioonid ning samas saab heade füüsikalis-mehaaniliste omadustega plaadi. Neid kasutatakse mööbli valmistamisel ning ehituses voodri- või alusmaterjalina. [6]

Puitlaastplaatide tihedus on ebaühtlane terve plaadi ulatuses. See oleneb suures osas laastude suurusest ja paigutusest plaadis. Plaadi tootmisest olenevalt kujuneb ka tiheduse profiil, mis on U-profiili kujuline (joonis 2). [6]



Joonis 2. Puitlaastplaatide tiheduse profiil. [6]

Puitlaastplaate liigitatakse valmistamisviisi, pinna oleku, väliskuju, osakeste mõõtete ja kuju, plaadi ehituse ning kasutusotsarbe järgi. Osakeste mõõtmete ja kuju järgi jaotatakse puitlaastplaadid laastplaatideks, vahvelplaatideks ning orienteeritud laastuga plaatideks. [6]

1.3. OSB plaat

OSB (*Oriented standard board*) koosneb õhukestest pikkadest ja kitsastest laastudest. Plaat on välja töötatud Saksamaal. Plaadi laastud asetsevad kolmes või viies üksteise suhtes risti olevates kihtides. OSB laastud on vahvelplaadi laastudest väiksemad ning nende laius on pool nende pikkusest. Sideainena kasutatakse enamasti vedelat karbamiidvaikliimi või fenoolvaigu pulberliimi (umbes 2,5% laastude kuivkaalust). Plaat kasutatakse mööbli- ja tiseritööstuses, ehituses ja konstruktsioonides. [6]

Käesolevas uurimustööd kasutati Šveitsis toodetud Kronopol OSB plaate. Tootja andmetel on neis plaatides kasutatud erinevate laiusega laaste, 100 – 120 mm pikad ja 0,6 mm paksud ning sisemiste kihtide sideaineks on metüleen-difenüül-diisotsüanaat (*methylene-diphenyle-*

diisocyanate), välimiste kihtide sideaineks on melamiin-uureafenool-formaldehüüd (*melamine-ureaphenol-formaldehyde*). OSB/3 massisuhe välimiste ja sisemiste kihtide vahel on umbes 50:50. [20]

Standardis EVS-EN 300:2006 on välja toodud OSB plaadi üldnõuded ja kvaliteedinõuded vastavalt plaadi klassidele. Kuna töös kasutatakse OSB/3 plaati, on allpool välja toodud ka kvaliteedinõuded vastavale plaadile (tabel 1). [10]

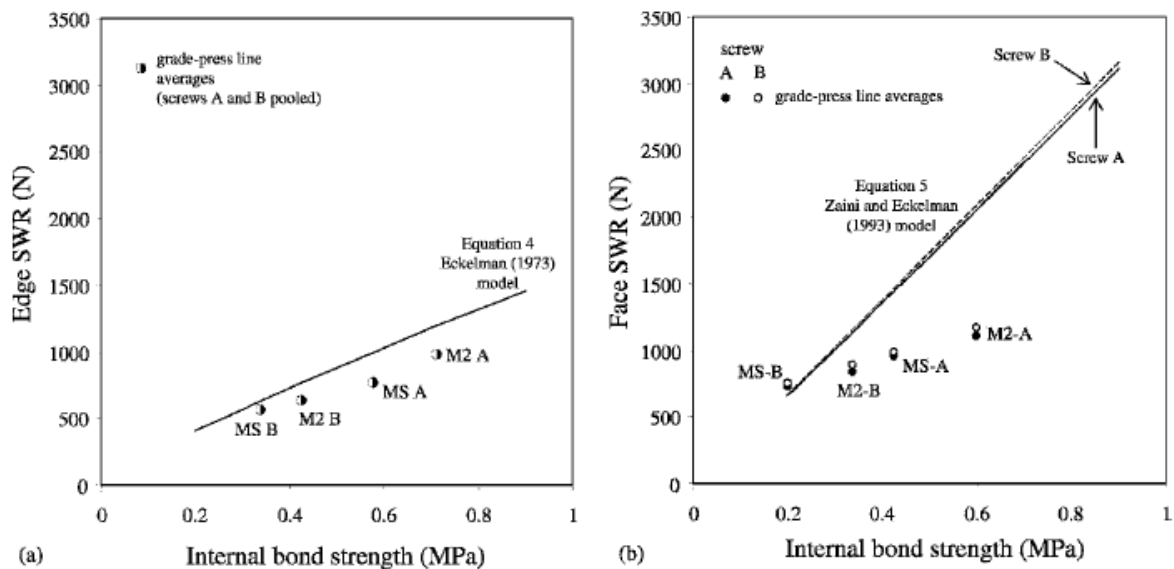
Tabel 1. OSB/3 plaadi kvaliteedinõuded märgades tingimustes [10]

Board type (technical class) OSB/3 Property	Test method	Unit	Requirement				
			Board thickness range (mm, nominal)				
			6 to 10	> 10 to < 18	18 to 25	> 25 to 32	> 32 to 40
Bending strength — major axis	EN 310	N/mm ²	22	20	18	16	14
Bending strength — minor axis	EN 310	N/mm ²	11	10	9	8	7
Modulus of elasticity in bending — major axis	EN 310	N/mm ²	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500
Modulus of elasticity in bending — minor axis	EN 310	N/mm ²	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
Internal bond	EN 319	N/mm ²	0,34	0,32	0,30	0,29	0,26
Swelling in thickness — 24 h immersion	EN 317	%	15	15	15	15	15
If it is made known by the purchaser that the boards are intended for specific use in flooring, walls or roofing, the performance standard EN 12871 has also to be consulted. This can result in additional requirements having to be complied with.							

Antud uurimustöös kasutati Swiss Krono OSB/3 plaate katsekehade lõikamiseks. Plaatidel on välja antud EL poolt toimivusdeklaratsioon. [13]

1.4. Puitlaastplaadi kruvi väljatõmbejõu prognoos sisesidususe mudelitest

Puitlaastplaadi kruvi väljatõmbejõu ja sisesidususe vahel on välja töötatud korrelatsioonid ja neist mudelid genereeritud. Eckelman ja Zaini on koostanud mudeleid puitlaastplaadi kruvi väljatõmbejõu ja sisesidususe vahel, kui need on väga spetsiifilised ja töötavad väga paljude kitsendustega. Enamustel juhtudel ei ole võimalik kruvi väljatõmbejõudu prognoosida plaadi sisesidususest, kuna puitlaastplaadi tihedus on ebaühtlane. [11]



Joonis 3. Prognoositud muutused: *a* – kruvi väljatõmbejõud servast, Eckelman (1973), *b* – kruvi väljatõmbejõud pealt, Eckelman ja Zaini (1993). [11]

Mudelite ja kastetulemuste põhjal tuldi järeldustele, et mida suurem on plaadi sisesidususe seda suurem on standardhälve ennustatavatel kruvi väljatõmbejõududel pealispinnalt.

2. KATSESEADMED, -VAHENDID JA –METOODIKA

2.1. Katsete tegemiseks vajalikud seadmed

Käesolevas peatükis on välja toodud üldinfo katsete tegemisel kasutatud seadmete, vahendite ning metoodika kohta.

2.1.1. Katsekehade lõikamisel kasutatud seade

Katsekehade lõikamiseks kasutati formaatsaage Griggio SC32. Masina võimsus on 4 kW, saetee laiuseks 3,2 mm ning saeketta läbimõõtuks 315 mm (joonis 4).



Joonis 4. Formaatsaag Griggio SC32. [1]

2.1.2. Katsekehade pilootavade puurimiseks kasutatud seade

Katsekehadsse kruviaukude pilootaukude puurimiseks kasutati puurpinku BOSCH PBD 40 (joonis 5). Puurmasina võimuseks oli 710 W [15]. Puuril oli võimalik puurimissügavust reguleerida ning lukustada, millega tagati aukude ühtlane sügavus puurimisel.

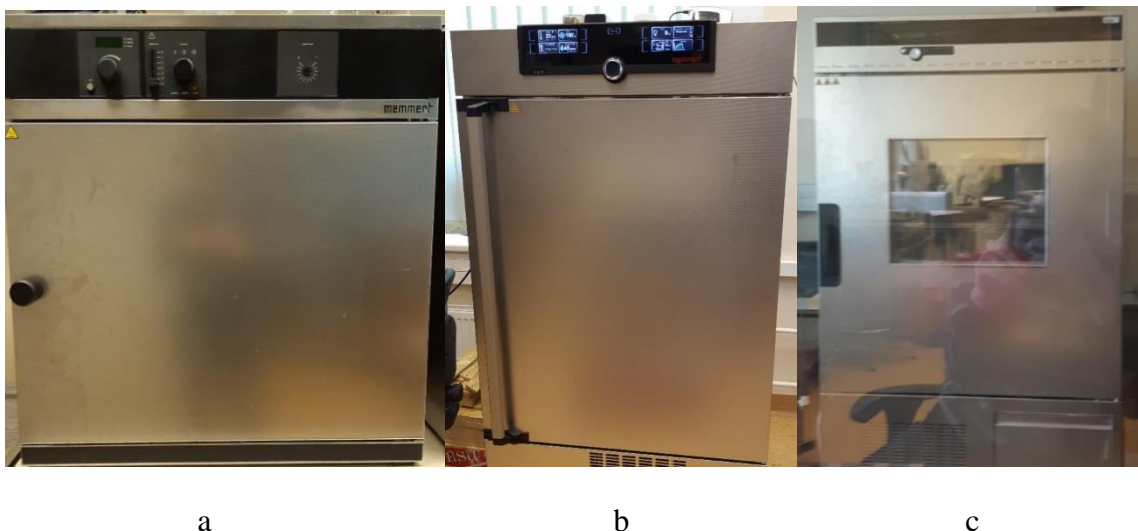


Joonis 5. Puurpink BOSCH PBD 40.

2.1.3. Katsekehade kuivatusseade

Katsekehade kuivatamisel kasutati universaalset Memmert ULE 500 kappi (joonis 6a), mille võimsuseks on 2000 W. Kuivatuskapp võimaldas temperatuuri kuni 220 °C. Katsetes hoiti kapi

temperatuur 65 °C kõrgusel. Katseperioodide käigus kuivatatud katsekehade konditsioneerimiskapp Memmert (joonis 6b). Kapis hoiti temperatuuri 21 °C ning õhuniiskust 65 %. Katsekehade külmutamisel kasutati külmutuskappi Memmert (joonis 6c). Kapis hoiti temperatuuri -20 °C.



Joonis 6. *a* - Kuivatuskapp Memmert ULE 500, *b* - konditsioneerimiskapp Memmert, *c* - külmutuskapp Memmert.

2.1.4. Sisesiduvuse katsekehade ettevalmistamiseks vajalikud seadmed

Märgade kasekehade ettevalmistamisel sisesiduvuse katseteks kasutati kuumapuhur KX1682 (joonis 7). Sellega kuumutati katsekehade pealispinnad, et need edasiselt liimida vineerklotside külge katsete sooritamiseks. Katsekehade liimimiseks kasutati liimipüstolit Rapid PRO EG360 (joonis 8a) ja termoliimi Termik AD 0117 11,2 mm (joonis 8b). Liimipüstoli võimsuseks oli 300 W ning liimi sulatus temperatuuriks oli 195 °C [16].



Joonis 7. Kuumapuhur KX1682.



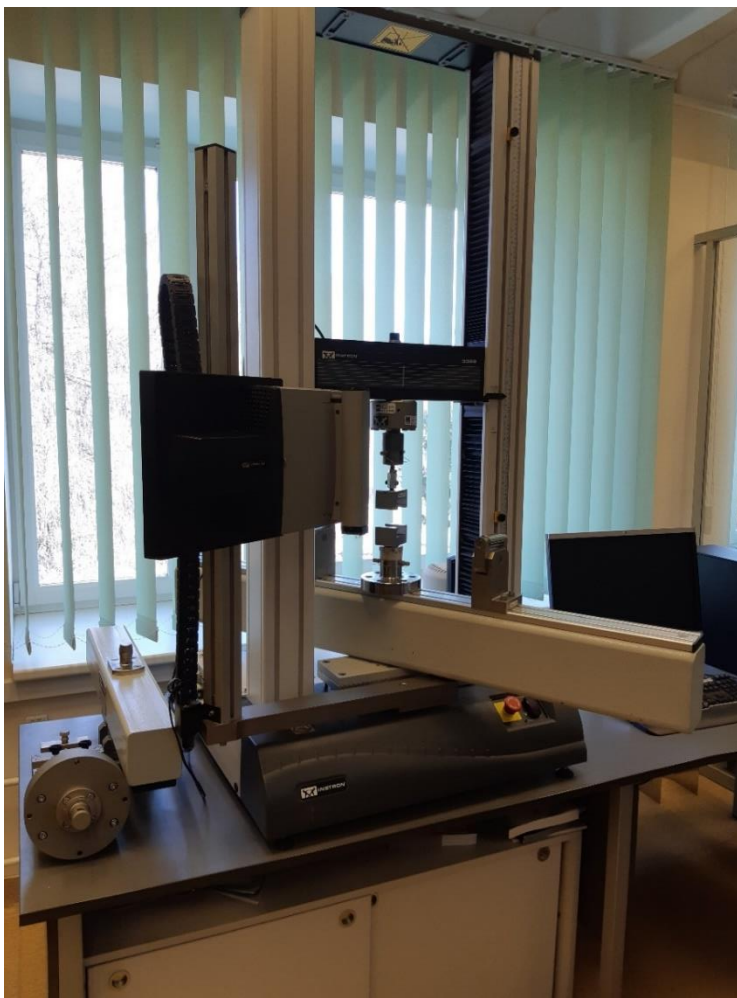
a

b

Joonis 8. Liimpüstol Rapid PRO EG360 a), termoliim Termik AD 0117 b).

2.1.5. Seade, mida kasutati katsete teostamisel

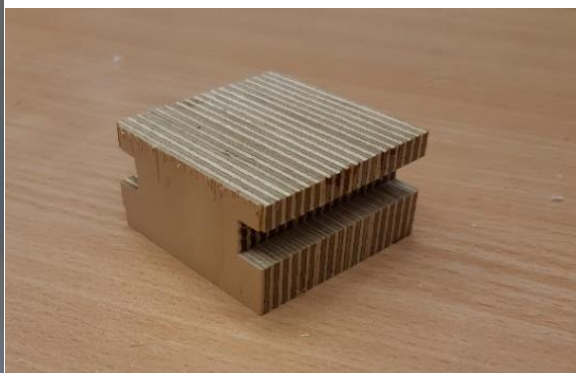
Katsete teostamisel kasutati universaalset puidukatsemasinat INSTRON 3369 (joonis 9). Katsemasin võimaldab nii surve- kui ka tõmbetugevusi kuni 50 kN [14]. See edastab katsetulemused arvutisse, kasutades arvutiprogrammi *Bluehill universals*. Sisesiduvuse katseteks kasutati spetsiaalset ülemist ja alumist tõmbepead, mille maksimaalne tõmbetugevus on 10 kN (joonis 10a). Et tagada katsekeha ja katsemasina haaratsi tõhus sidusus valmistati spetsiaalsed vineerklotsid (joonis 10b). Kruvide väljatõmbel kasutati vastavat tõmbepead (joonis 11). Katsekehad kasetati vastavatesse seadmetesse, mis võimaldasid tõmmata kruvisid, mis olid kinnitatud katsekehade pealt (joonis 12a) ja servast (joonis 12b).



Joonis 9. Universaalne puidukatsemasin INSTRON 3369.



a

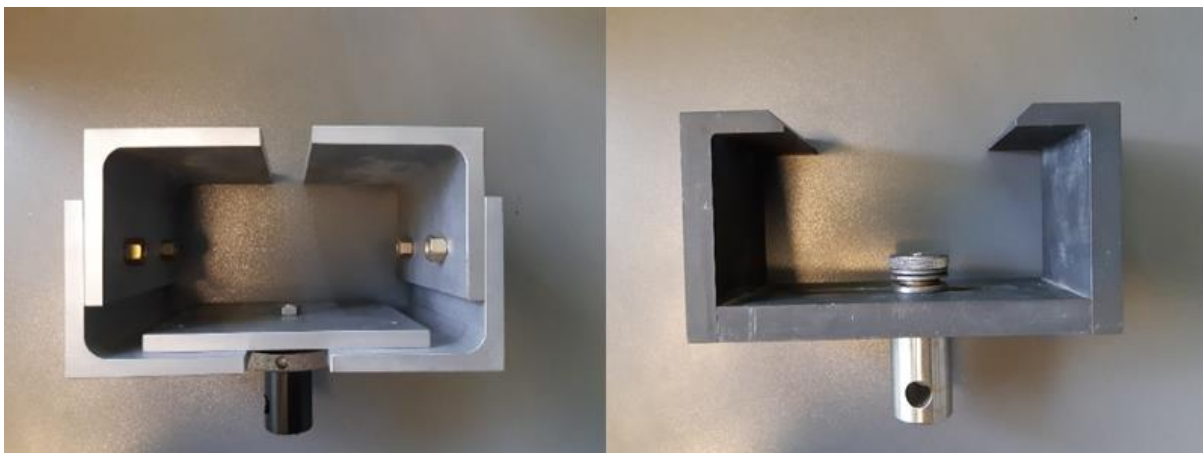


b

Joonis 10. tõmbepead, sisesiduvuse katse sooritamiseks a), vineerklots b).



Joonis 11. Tõmbepea, kruvi väljatõmbe katseteks.



a

b

Joonis 12. Seade, katsekeha paigalhoidmiseks kruvi tõmbamiseks pealt a) ja servast b).

2.2. Katsetamisel kasutatud vahendid

2.2.1. Katsekehade mõõtmiseks kasutatud vahendid

Katsekehade pikkuse ja laiuse mõõtmiseks kasutati digitaalset nihkkaliibrit (joonis 13a), mille mõõtetäpsus on 0,01 mm. Katsekehade paksuse mõõtmiseks kasutati digitaalset mikromeetrit (joonis 13b), mille mõõtetäpsus on 0,001 mm.



b

b

Joonis 13. digitaalne nihkkaliiber a), digitaalne mikromeeter b).

2.2.2. Sisesiduvuse katsekehade ettevalmistamisel kasutatud pitskruvid

Sisesiduvuse katsekehade liimimisel vineeriklotside külge kasutati klotside kokkusurumiseks pitskruvisid (joonis 14).



Joonis 14. Pitskruvi.

2.2.3. Katsetes kasutatud kruvid

Katsekehades kasutati plaadikruvi CLINT TX20 $4,2 \times 55$ mm (joonis 15).



Joonis 15. Plaadikruvi CLINT TX20 4,2 × 55 mm.

2.2.4. Katsekehade leotuseks kasutatud vahendid

Katsekehade leotamiseks kasutati kahte 50 liitrist leotusvanni (joonis 16). Katsekehad asetati puitlippide vahele nii, et need ei putuks kokku üksteisega ega ka leotusvanni pinnaga. Katsekehade peale asetati puitlipid, mille peale omakorda raskuseks betoonklotisd.



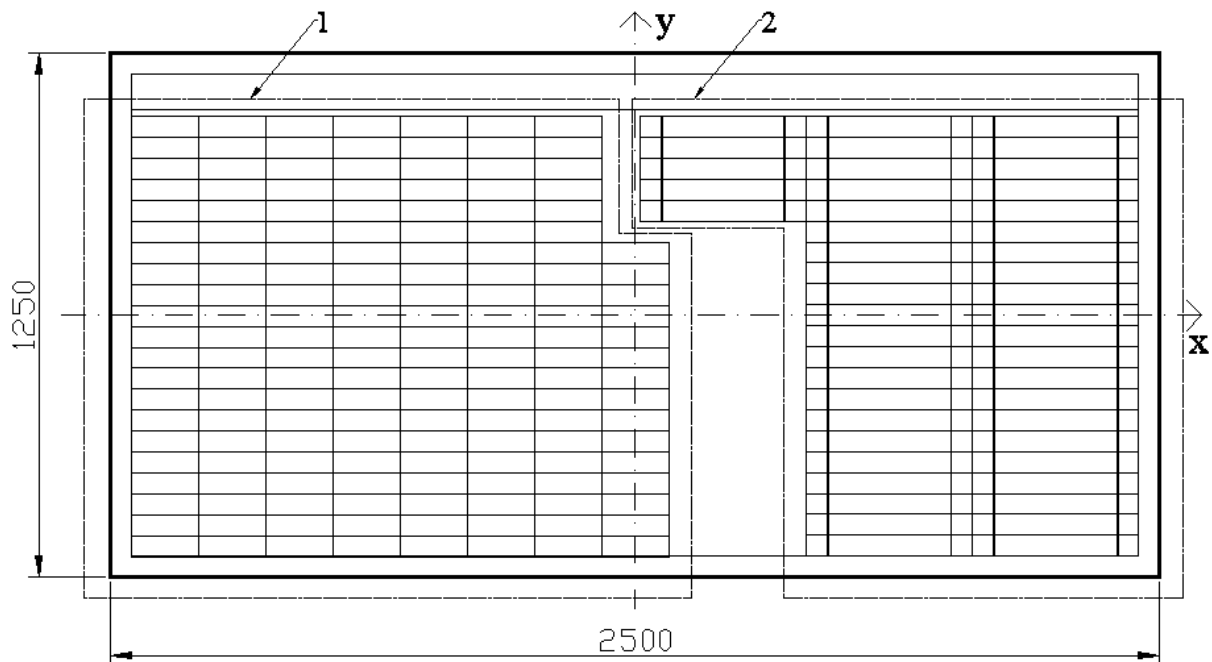
Joonis 16. Leotusvann.

2.3. Katsete metoodika

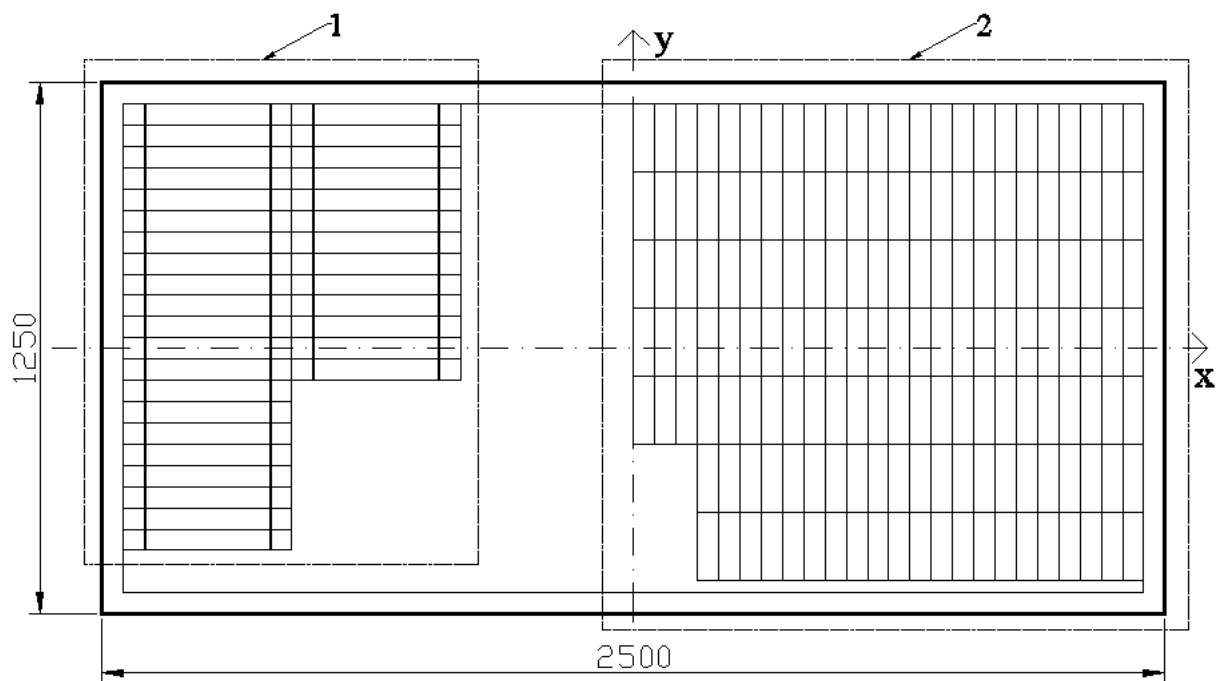
2.3.1. Katsekehade lõikamine OSB plaadist

Katsekehad lõigati kolmest Swiss Krono OSB/3 plaadist mõõtudega 2500 × 1250 × 12 mm. Plaatide valikul veenduti, et plaatidel poleks eelnevaid defekte. Plaat on 3 kihiline, mis on

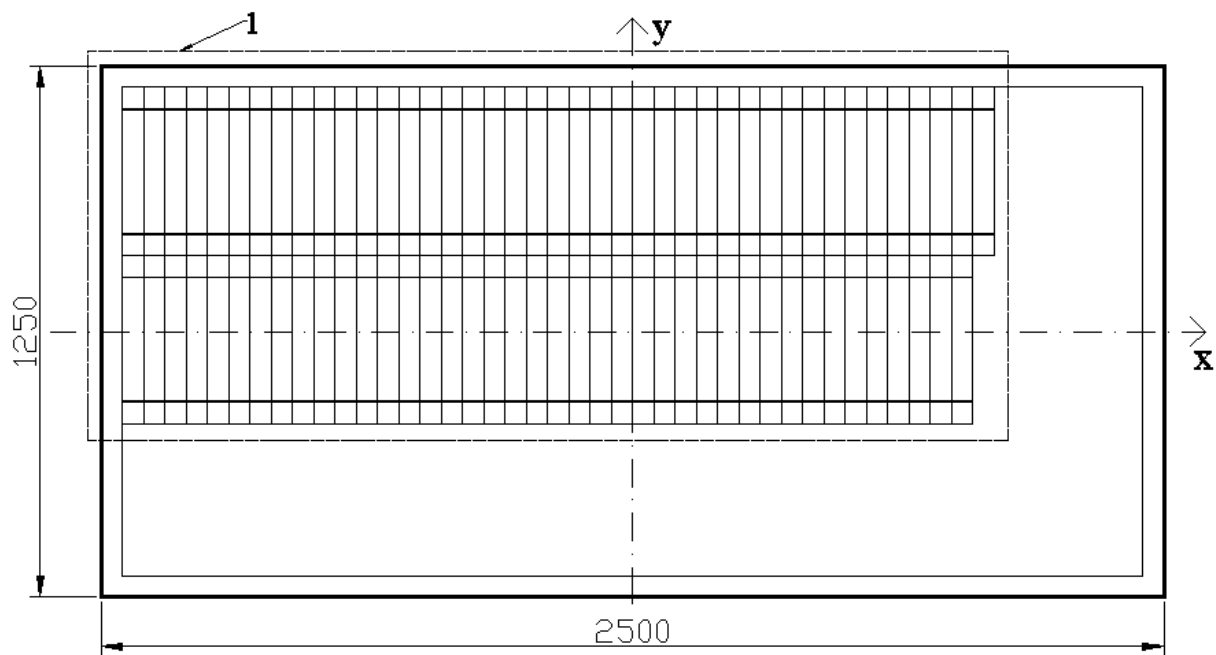
pressitud kokku kõrge temperatuuri ja surve all. Plaadile määrati peatelg ja abitelg [10]. Peatelg on paralleelne plaadi lühema küljega ning abitelg on sellega risti. Katsekehade mõõtmete määramisel said määravaks katseseadmed. Kruvi tõmbekatse katsekehade laius võeti standardist EVS-EN 326-1:2002. Standard määrab ära minimaalse katsekeha laiuse, milleks on 50 ± 1 mm. Kruvi väljatõmbejõu katsekehade pikkuseks võeti 160 mm, mis tulenes kruvi servast tõmbamise katseseadmest. Sisesiduvuse katsekehade mõõtmised võeti vastavalt standardist EVS-EN 319:2000. Külje pikkuseks võeti 50 ± 1 mm ning need lõigati Taimo Leppiku kavandatava magistr töö paindekatskehade otstest (joonis 20) [9]. Enne katsekehade lõikamist plaadist eemaldati 50 mm plaadi servadest, et tagada plaadi transpordil kaasnenum kahjustuste eemaldamine. Kokku lõigati 324 katsekeha kruvi väljatõmbejõu määramiseks ning 324 sisesiduvuse katsekeha. Mõlemal juhul lõigati 162 katsekeha piki plaadi tootmisliini suunaga ja 162 risti plaadi tootmisliini suunaga. Katsekehade lõikamisel veelduti, et lõiked oleks täisnurksed, puhtad ja põletamata. [2] Katsekehad lõigati samadest plaatidest, millest Taimo Leppik lõikas katsekehad paindetugevuse ja -elastsusmooduli määramiseks. Katsekehade lõikamiskeemid on toodud välja joonistel 17, 18 ja 19.



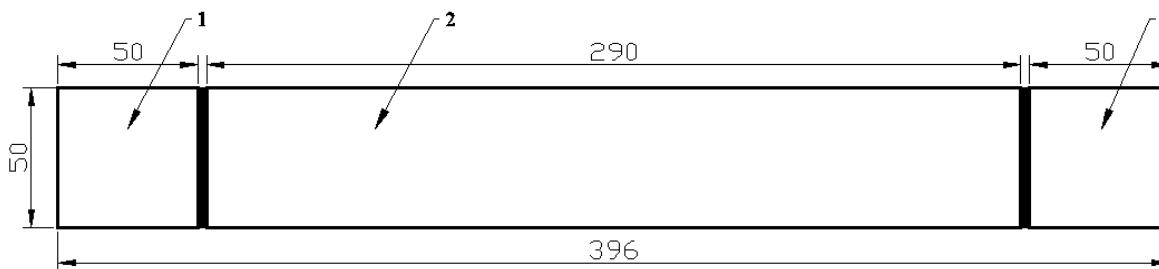
Joonis 17. Esimese plaadi lõikamisskeem: 1 – kruvi väljatõmbe katsekeha abitelje sihis, 2 – sisesiduvuse katsekehad, kruviga plaadi abitelje sihis, y - plaadi peatelg, x – plaadi abitelg.



Joonis 18. Teise plaadi lõikamisskeem: 1 – sisesidususe proovikatsekehad, 2 – kruvi väljatõmbe katsekehad peatelje sihis, y - plaadi peatelg, x – plaadi abitelg.



Joonis 19. Kolmanda plaadi lõikamisskeem: 1 – sisesidususe kruvita katsekehad ja katsekehad, kruviga plaadi peatelje sihis, y - plaadi peatelg, x – plaadi abitelg.

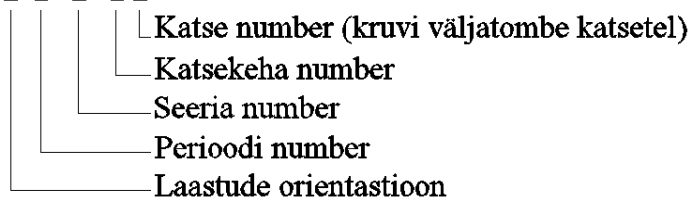


Joonis 20. Sisesidususe kastsekehade lõikamine: 1 – sisesidususe katsekehad, 2 – paindetugevuse katsekeha Taimo Leppik kavandatavas magistritöös.

2.3.2. Katsekehade markeerimine ning mõõtmine

Katsekehad markeeriti vastavalt standardile EVS-EN 326-1:2002. Lõikamise käigus märgiti lõikamissuund katsekehadel ning asetati need vastavatesse kastidesse. Katsekehad markeeriti katseperioodide käigus, enne katsetamist. Katsekehadele märgiti laastude orientatsioon, perioodi number, seeria number perioodis ning katsekeha number (joonis 21). Plaadi numbrit ei märgitud katsekehadele, kuna telgede sihilised katsekehad lõigati mõlemad erinevatest plaatidest. Sisesiduvuse katsekehadel ei märgitud ka plaadi numbrit, kuna katsekehad millel olid kruvid piki laaste lõigati esimesest plaadist ja katsekehad, mis olid kruvita või kruvi oli risti laastude orientatsiooniga lõigati kolmandast plaadist. [2]

P1-1-11



Joonis 21. Katsekehade markeering.

Katsete jaotus on välja toodud vastavalt sisesidusus katsed tabelis 2 ja kruvi väljatõmbejõu määramise katsed tabelis 3.

Tabel 2. Sisesiduvus katsete jaotus

Sisesidusus katsekehad	Katsete arv
Sisesidusus kruvita	78
Sisesidusus kruviga, plaadi abitelje sihis	78
Sisesidusus kruviga, plaadi peatelje sihis	78
Kokku	234

Tabel 3. Kruvi väljatõmbejõu katsete jaotus

Kruvi väljatõmbekatsed	Katsete arv
Kruvi väljatõmbejõud plaadi pealt	156
Kruvi väljatõmbejõud servast, plaadi abitelje sihis	117
Kruvi väljatõmbejõud servast, plaadi peatelje sihis	117
Kokku	390

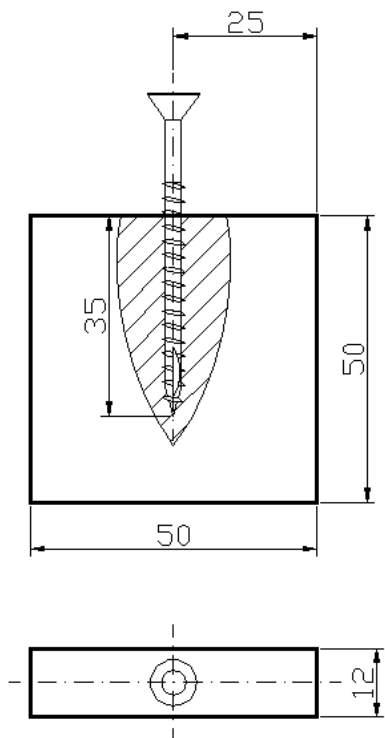
Katsekehadel mõõdeti pikkus, laius ja paksus vahetult enne katsetamist.

2.3.3. Kruvide kinnitamine katsekehadesse

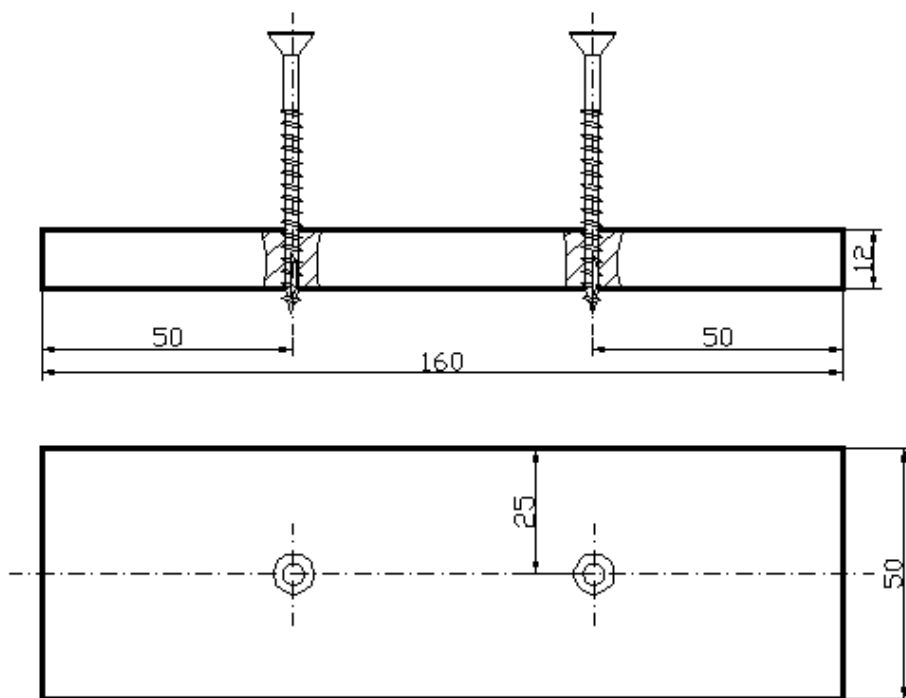
Katsekehadesse kruvisid kinnitades järgiti standardit EVS-EN 320:2011. Kasutatavateks kruvideks oli plaadikruvid CLINT TX20 $4,2 \times 55$ mm. Kruvi valiti standardis kasutatud kruvi alusel, milleks oli 4,2 mm läbimõõduga plaadikruvi. Kruvi pikkus, 55 mm, tulenes katseseadetest, sest lühem kruvi ei sobinud katseseadmesse ja tõmbepea poleks ulatunud kruvipeani. [3]

Katsekehadesse pilootaukude suuruse arvestamises lähtuti 2018 aastal tehtud uurimustööga, kus omakorda arvestati aastal 2002 läbi viidud uurimustööd optimaalsema pilootaugu läbimõõdu leidmisest. Kruvile keerme diameetriga 4,2 mm võeti pilootaugu läbimõõduks 2,5 mm, mis on 82% kruvi südamiku diameetrist. [4]

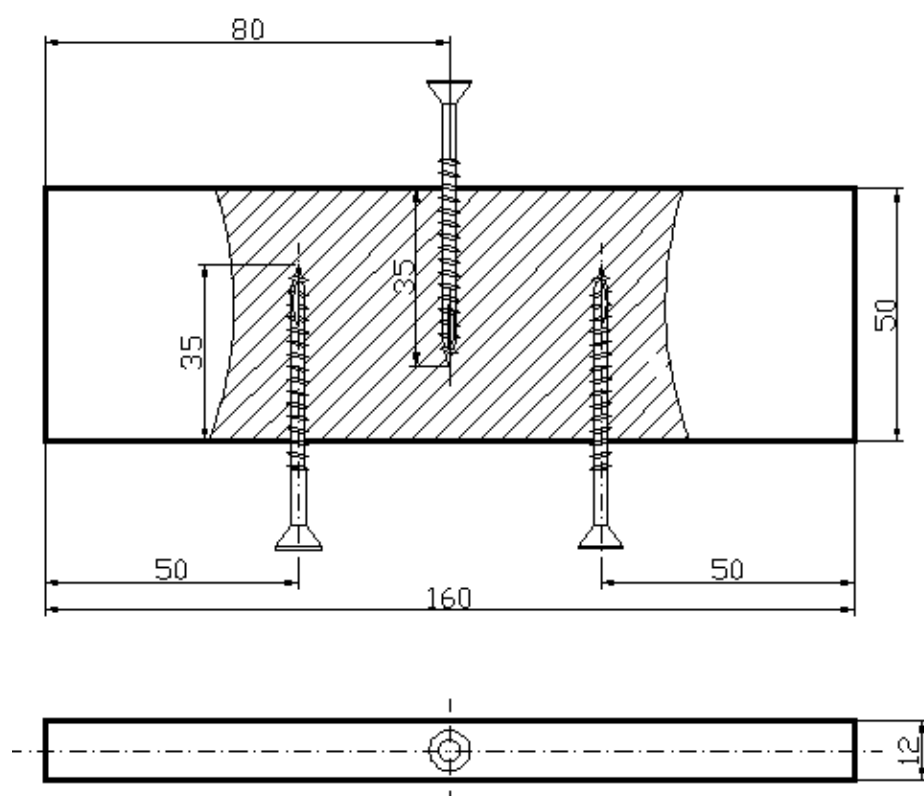
Eelpuuritud aukude sügavuseks sisesidusus ja kruvi väljatõmbe katsekehadel oli 35 mm ning pealt kinnitatud kruvidele puuriti plaati läbistavad avad. Kruvi ise keerati 35 mm sügavusele, et saada vähemalt 30 mm kruvi täiskeeret katsekehasse. Sisesidususe katsekehadele märgiti ära lõikesuund ning kruvi kinnitati lõikesuunaga paralleelselt. Kruvi väljatõmbe katsekehadele kinnitati kruvid katsekeha pikemasse lõikeserva. Kruvi kinnitamisel katsekehadele järgiti standardit EVS-EN 320:2011. Seal on kirjas minimaalne kaugus toepinnast, milleks on 15 mm ning katsekehad, mille paksus on ≤ 15 mm, peab kruvi koonus ots ulatuma katsekehast välja. Kruvide paigutus sisesidususe katsekehades on välja toodud joonisel 22, kruvi pealt väljatõmbe katsetel joonisel 23 ning kruvi servast väljatõmbe katsetel joonisel 24. Kruvid keerati katsekehadesse enne katseperioodide algust.



Joonis 22. Sisesidususe katsekehadesse kruvide kinnitamine.



Joonis 23. Kruvide kinnitamine katsekehadesse pealt.



Joonis 24. Kruvide kinnitamine katsekehadesse servast.

2.3.4. Katsekehade ettevalmistamine sisesidususe määramiseks

Sisesidususe katsekehad liimiti termoliimiga vineerklotside külge (joonis 25). Liimiks kasutati termoliimi Termik AD 0119, mille temperatuur on 160 – 190 °C. Liim kaotab oma tugevuse, kui temperatuur läheb üle 70 °C. Märgade katsekehade puhul soojendati pealmine ja alumine pind enne liimimist nakke saavutamiseks. Katsekehade kätte saamiseks vineeriklotside vahelt, pandi need sulama 105 °C temperatuuriga kappi.



Joonis 25. Sisesidususe määramiseks ettevalmistatud katsekeha.

2.3.5. Katseperioodide ülesehitus

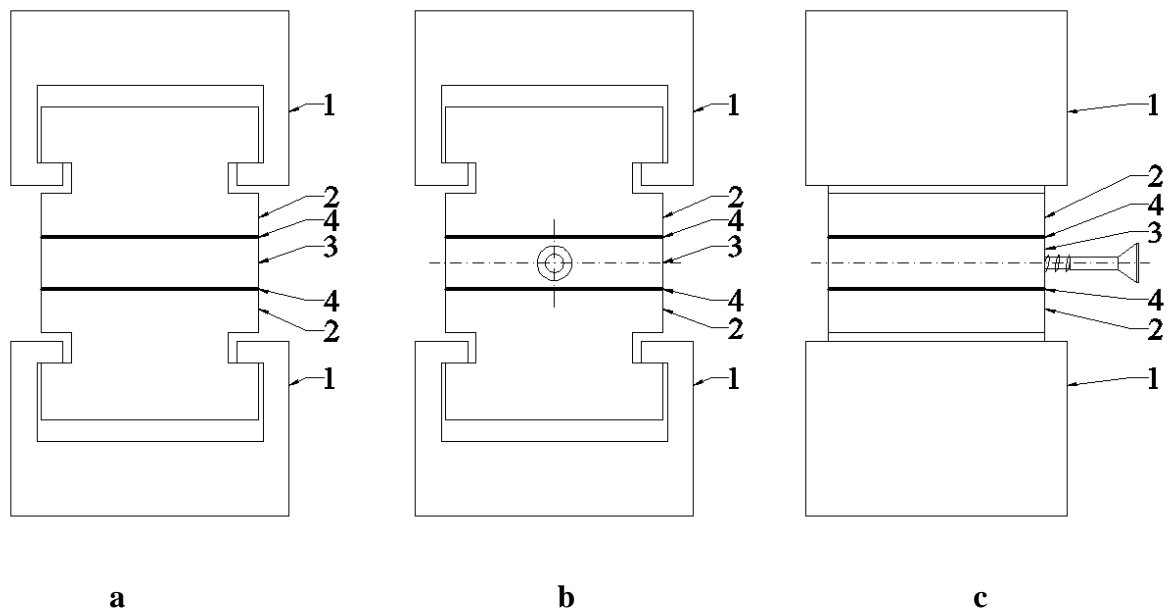
Uurimustöös sooritati 3 perioodi. See arv tulenes sellest, et pärast kolmandat ligunemiskuivamis perioodi kaotab katsekeha ära suurema osa algsetest omadustest ning need üha enam ühtlustuvad varasemate perioodidega.

Perioodis oli 4 seeriat. Pooled neist on märgade katsekehadega ja teine pool on kuivade katsekehadega. Periood sisaldas 72 tunni pikkust ligunemistsüklist, pärast mida üks seeria läks kuivatuskappi 48 tunniks, ülejäänud aga 24 tunni pikkusele külmumistsüklile, pärast mida sulatati üks seeria katsekehi üles vees ja asetati kuivatuskappi 48 tunniks, ülejäänud läksid uuele

perioodile. Kuivatatud katsekehad katsetati alles katseperioodide lõpus, kuid enne seda hoiti kuivatatud katsekehi konditsioneerimiskapis, temperatuuril 21 °C ning õhu niiskusel 65 %, 96 tundi. Katsed sooritati vahetult pärast 72 tunnist ligunemistsükli, pärast 24 tunnist külmumistsükli ja vastavalt kuivatatud katsekehadega perioodide lõpus.

2.3.6. Sisesiduvuse määramine

Katsekehade sisesiduvuse määramisel kasutati standardit EVS-EN 319:2000. Standard määras ära katsekehade kuju, milleks oli ruut külje pikkusega 50 ± 1 mm. Standard määrab ära ka üldise katse kiiruse, milleks oli katsekeha purunemise ajaks 60 ± 30 s, sellest lähtuvat võeti katseadmes tõmbekiiruseks 1 mm / min. Katseskeem on toodud joonisel 26.



Joonis 26. Sisesiduvuse katseskeemid: *a* – kruvita katsekeha, *b*, *c* – kruviga katsekeha, *1* – katseade tõmbepea, *2* – vineerklots, *3* – katsekeha, *4* – liimikiht.

Katsed sooritati spetsiaalsete tõmbepeadega, kuhu sai asetada vineerklotsid, mis olid liimitud katsekehade pealmisele- ja alumisele pinnale. Liimiks kasutati termoliimi termik AD 0117, mis

on üldkasutatav liim. Märgade katsekehade liimimiseks nende pealmine ja alumine pind kuivatati kuumapuhuriga vahetult enne liimi peale kandmist, kuivadele katsekehadele kanti liim ilma kuivatamata peale. Katsekehadel lasti maha jahtuda enne katse alustamist liimi kuivamise tarbeks, et ära hoida katse käigus katsekeha purunemise liimimis pinnalt. Sisesidususe katse kruviga katsekehast (joonis 27).



Joonis 27. Iseloomulikult purunenud kruviga katsekeha.

Sisesidususe igale katsekehale arvutatakse pinnaga ristisuunaline tõmbetugevus f_{t1} (N/mm²) järgmise valemiga (1). [5]

$$f_{t1} = \frac{F_{\max}}{a \times b}, \quad (1)$$

kus

$a \times b$ – katsekeha pikkus ja laius millimeetrites;

F_{\max} – katkekoormus njuutonites.

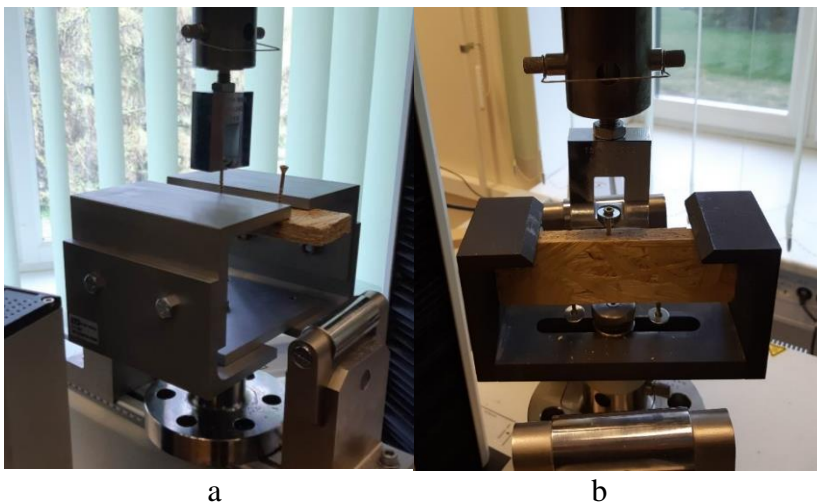
2.3.7. Kruvi väljatõmbejõu määramine

Kruvi väljatõmbejõu määramisel lähtuti standardist EVS-EN 320:2011.

Katsekehad jaotati kahte gruppi:

- 1) Katsekehasse pinnalt kinnitatud kruvide tõmbed;
- 2) Katsekehasse lõikeservadest kinnitatud kruvide tõmbed.

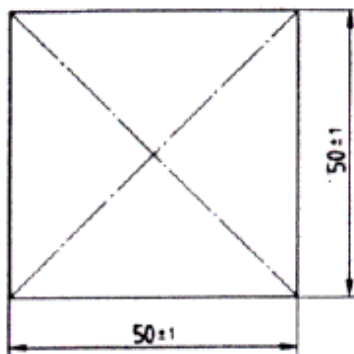
Kruvide tõmbamiseks kasutati spetsiaalset seadet pealt (joonis 28a) ja servast (joonis 28b) tõmbamiseks. Kruvide pinnalt tõmbamise seadme tugipindade vahe oli 26 mm. Standardis EVS-EN 320:2011 ette nähtud kruvi kauguse tugipinnast ≤ 15 mm.



Joonis 28. Katsekehasse kinnitatud kruvi väljatõmbekatse pealt a) ja servast b).

2.3.8. Pundumise määramine paksuses

Pundumise määramiseks katsekeha paksuses lähtuti standardi EVS-EN 317:2000. Selle järgselt peab olema katsekehad ruudukujulised, külje pikkusega 50 ± 1 mm. Katsekehi peab leotama vees temperatuuriga 20 ± 1 °C. Kuivatatud katsekehad peab konditsioneerima temperatuuril 20 ± 2 °C ning õhu suhteline niiskus peab olema 65 ± 5 %. Katsekehade paksus peab mõõtma keha diagonaalide lõikepunktis (joonis 29) ning täpsusega 0.01 mm. [17]



Joonis 29. Paksuse mõõtmine. [17]

Pundumine paksuses G_t (%) arvutatakse igale katsekehale järgmise valemiga (2). [17]

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \cdot 100, \quad (2)$$

kus

t_1 – katsekeha paksus millimeetrites enne leotamist;

t_2 – katsekeha paksus millimeetrites pärast leotamist.

2.3.9. Katsetulemuste kirjeldamine

Katsetulemuste kirjeldamisel lähtuti standardist EVS-EN 326-1:2002. Vastavalt eelnimetatud standardile tuleb iga katsekeha omadused määrata EN nõuetest lähtudes kasutades statistilisi arvutusi. Nende abil sai ka tulemusi kirjeldada.

Katsekehade igale grupile arvutatakse keskväärtus \bar{x}_j järgmiselt (3). [2]

$$\bar{x}_j = \sum_{i=1}^m x_{ij} / m, \quad (3)$$

kus

i – katsekeha number seerias ($i = 1, 2, \dots, m$);

m – katsekehade arv katseperioodis;

x_{ij} – üksikkatse või mõõtetulemuse väärtus.

Katsekehade igale grupile arvutatakse dispersioon $S_{w,j}^2$ järgmise valemiga (4). [2]

$$S_{w,j}^2 = \sum_{i=1}^m (x_{i,j} - \bar{x}_j)^2 / (m - 1), \quad (4)$$

kus

i – katsekeha number seerias ($i = 1, 2, \dots, m$);

m – katsekehade arv katseperioodis;

x_{ij} – üksikkatse või mõõtetulemuse väärtus;

\bar{x}_j – keskväärtus katseperioodi katsetulemustele.

Katsekehade igale grupile arvutatakse standardhälve $S_{w,j}$ järgmise valemiga (5). [2]

$$S_{w,j} = \sqrt{S_{w,j}^2}, \quad (5)$$

kus

$S_{w,j}^2$ – katsekehade grupi dispersioon.

Katsekehade igale grupile arvutatakse variatsioonikordaja $V(\%)$ järgmise valemiga (6). [2]

$$V = \frac{S_{w,j}}{\bar{x}_j} \cdot 100, \quad (6)$$

kus

$S_{w,j}$ – katsekehade grupi standardhälve;

\bar{x}_j – katsekehade grupi tulemuste keskväärtus.

Normaaljaotusega plaadi omaduse 5% alumise kvantiili $L_{5\%}^q$ arvutamine katsekehade grupi järgi (7). [2]

$$L_{5\%}^q = \bar{x}_j - t_n \cdot S_{w,j}, \quad (7)$$

kus

$S_{w,j}$ – katsekehade grupi standardhälve;

t_n – normaaljaotusega n plaadi proovi ühepoolne viie protsendiline t väärtus;

\bar{x}_j – katsekehade grupi tulemuste keskväärtus.

Normaaljaotusega plaadi omaduse 5% ülemise kvantiili $U_{5\%}^q$ arvutamine katsekehade grupi järgi (8). [2]

$$U_{5\%}^q = \bar{x}_j + t_n \cdot S_{w,j}, \quad (8)$$

kus

$S_{w,j}$ – katsekehade grupi standardhälve;

t_n – normaaljaotusega n plaadi proovi ühepoolne viie protsendiline t väärtus;

\bar{x}_j – katsekehade grupi tulemuste keskvärtus.

Standardis EVS-EN 326-1:2002 on välja toodud ühepoolsete t -väärtuste tabel (tabel 4).

Tabel 4. Ühepoolsete t -väärtuste sõltuvus proovi suurusest n [2]

Proovi suurus n	8	10	15	20	25	30	35	40	60	100
t_n	1,89	1,83	1,76	1,72	1,71	1,70	1,69	1,68	1,67	1,66

Antud uurimustöös ei kasutatud tabelis olevaid proovi suuruseid m . Proovi suurusteks oli 6, 9 ja 12 ning need leiti lineaarselt interpoleerides. Saadud t_n tulemused on välja toodud tabelis 5.

Tabel 5. Uurimustöös kasutatud t_n -väärtused

Proovi suurus n	6	9	12
t_n	1,95	1,86	1,80

Murdlineaarset funktsiooni kasutati sisesidususe ja kruvi väljatõmbejõu väärtuste muutumise sõltuvalt vanandamise perioodide arvust leidmisel, pärast x arv vanandamisperioode (9). [11]

$$y(x) = \frac{b(y_0 - y_j)}{ax + b} + y_j, \quad (9)$$

kus

a, b – konstandid;

x – vanandamisperioodide arv;

y_j – parameetri jääkväärtus;

y_0 – parameetri algväärtus.

Logaritmilist funktsiooni kasutati paksuses pundumise väärtuste muutumise sõltuvust vanandamise perioodide arvust leidmisel (10). [11]

$$y(x) = y_f e^{-\left(\frac{a}{x^2}\right)} \quad (10)$$

kus

a – konstant;

x – vanandamisperioodide arv;

y_f – parameetri lõppväärtus.

OSB/3 uuritavate omaduste alg- ja jääkväärtused tuleb määrata nii, et mõõdetud katsetulemused oleksid lähendatud parimal viisil minimeerides ruutviga (vähimruutude meetod).

Tundmatute alg- ja lõppväärtused ning konstandid leiti abil arvutiprogrammi *Mathcad 15* abil kasutades lineaar-regressioon funktsiooni *genfit* (v_x, v_y, v_g, F).

3. KATSETULEMUSED JA NENDE ANALÜÜS

Siin peatükis on välja toodud OSB/3 plaadi sisesidusus ja kruvi väljatõmbejõu katsetulemused märgade ja kuivade katsekehade ja nende analüüs. Märgade katsekehade all peetakse silmas 72-tunnist vees leotatud katsekehi ning 24-tunnist külmutatud katsekehi pärast leotamist. Kuivade katsekehade all peetakse silmas pärast 72-tunnist leotamist 48-tundi kuivatatud katsekehasid ning pärast külmutamist leotatud ja 48h kuivatatud katsekehasid. Märjad katsekehad katsetati vahetult pärast veest või külmutuskapist väljavõtmist. Kuivad katsekehad aga katsetati perioodide lõpus, kuid enne katsetust hoiti neid konditsioneerimis kapis 96-tundi temperatuuril 21 °C ning õhu niiskusel 65%. 0 - 0 seerias on tegu tarnekuivast plaadist lõigatud katsekehade teatud katsed. Nende suhtes on tehtud võrdlus märgade- ja kuivade katsekehade.

Katsetulemused on välja toodud koondtabelites märjalt ja kuivalt ning piki ja risti plaati. Nende tabelite põhjal on koostatud parema võrdlusmomendi saavutamiseks tulpdiagrammid ning regressioonikõverad *genfit* (v_x , v_y , v_g , F). Tulemuste töötlemiseks kasutati programme *Microsoft Excel* ja *PCT Mathcad 15*. Lisades 1 - 39 on välja toodud sisesidususe katsetulemused ja mõõtmised. Lisades 40 - 78 on välja toodud kruvi väljatõmbejõu katsetulemused.

3.1. Sisesidususe katsetulemuste analüüs

Katsekehade sisesidusus määrati lisaks ka lõikeserva kinnitatud kruviga katsekehadel. Kruviga katsekehad jagunesid omakorda kruvi orientatsiooni suhtes plaadi telgede suhtes. Kõigil katsekehadel mõõdeti pikkus, laius ja paksus ning arvutati pinnaga ristisuunaline sisesidusus valemiga 1. Sisesidususe katsekehad jaotati kolme gruppi. Igas grupis oli 6 katsekeha, mis läbisid samasugused seeriad ning perioodid. Andmete töötlemine toimus standardi EVS-EN

326-1:2002 põhjal [2]. Tulemustes kasutati ühepoolset t -väärtust $t_n = 1,95$ (tabel 5), sest katse seerias oli 6 katsekeha, milledega sooritati kokku 6 katset.

3.1.1. Sisesidususe katsetulemused märgade katsekehadega

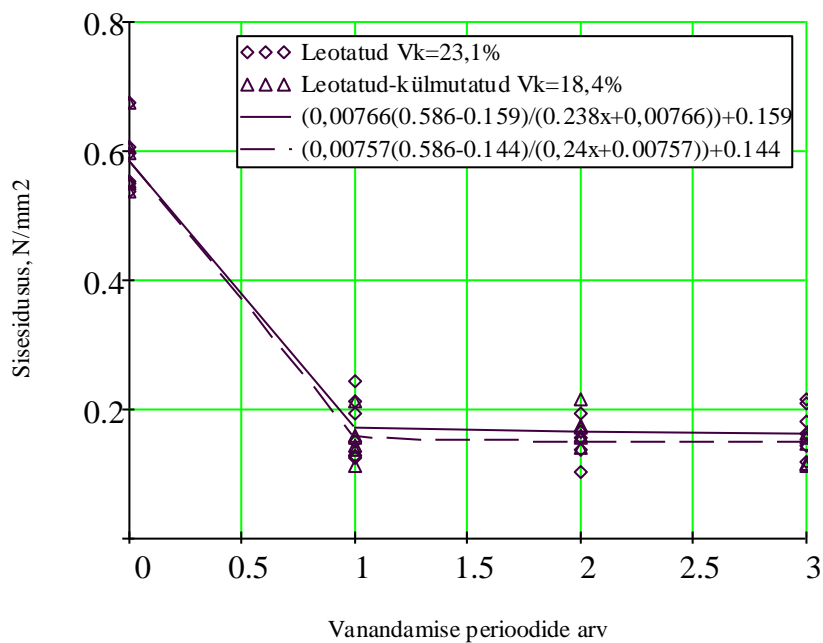
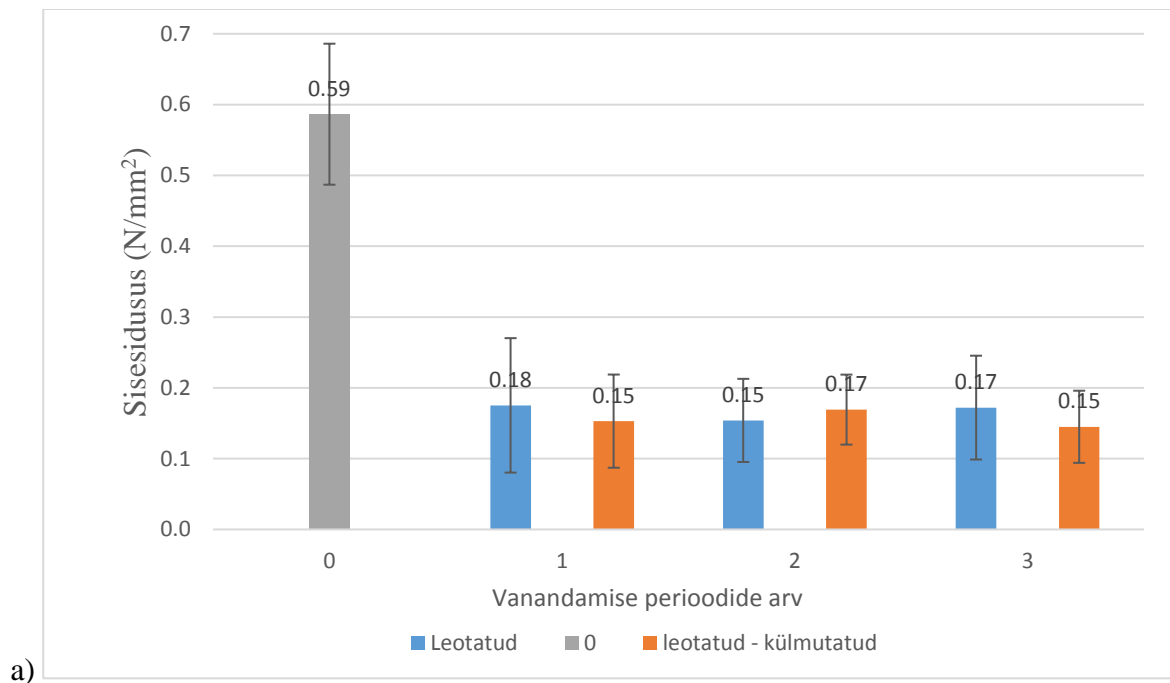
Järgnevalt on tulemused välja toodud koondtabelites märgade katsekehadega (tabel 6), katsekehad, kruviga abitelje sihis (tabel 7) ning katsekehad, kruviga peatelje sihis (tabel 8).

Tulemuste illustreerimiseks on tabelite põhjal koostatud tulpdiaграмmid (joonis 30a, joonis 31a ja joonis 32a). Nendes on välja toodud igale seeriale sisesidususe katsete tulemuste aritmeetiline keskmine ning ülemine- ja alumine 5% kvantiil seeriade kaupa.

Katsetulemuste analüüsimisel leiti, et sisesidusus langeb peaaegu iga perioodiga ning sellest lähtuvalt koostati nende andmete põhjal murdlineaarne funktsioon (9), millega tekitati lähenduskõverad, kus on tähistatud pideva joonega leotatud katsetulemused ning kriipsjoonega on tähistatud leotatud – külmutatud katsetulemused.

Tabel 6. Märgade katsekehade sisesidusus standardhäbe ja variatsioonikordajaga

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N/mm ²)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N/mm ²)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N/mm ²)
0 - 0	0.59	0.05	8.71	0.49	0.69
1 - 1	0.18	0.05	27.78	0.08	0.27
1 - 2	0.15	0.03	22.06	0.09	0.22
2 - 1	0.15	0.03	19.55	0.10	0.21
2 - 2	0.17	0.03	14.98	0.12	0.22
3 - 1	0.17	0.04	21.85	0.10	0.25
3 - 2	0.15	0.03	18.01	0.09	0.20

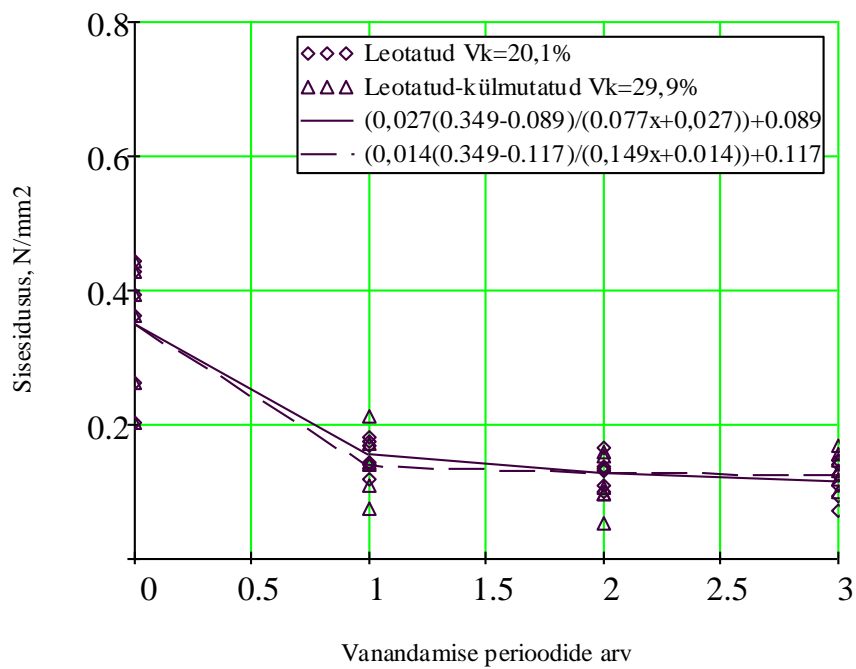
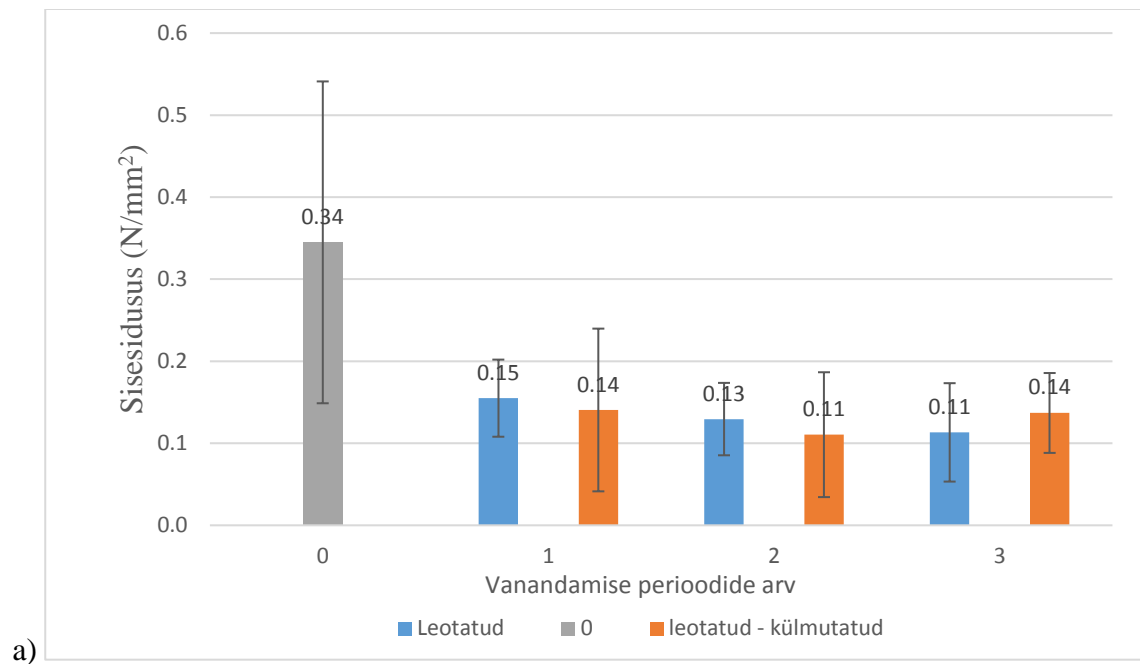


Joonis 30. Märgade katsekehade sisesidususe keskmiste väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 30(a) on näha märgumise ja külmumise märgatavat mõju OSB/3 plaadi sisesidususele. Tarnekuiva katsekehades sisesidusus on 0.59 N/mm^2 , standardi kvaliteedinõuetes on ette nähtud $0,3 \text{ N/mm}^2$ [10]. Juba pärast esimest ligunemisseeriat kukkus sisesidusus $0,18 \text{ N/mm}^2$ peale, mis on 31% algväärtusest ja pärast esimest külmumisseeriat kukkus sisesidusus $0,15 \text{ N/mm}^2$ peale, mis on 26% algväärtusest. Suurem langus toimub kohe pärast esimest ligunemisseeriat ning pärast seda on sisesidusus suhteliselt ühtlane. Sisesidusus pärast leotamist ja pärast külmutamist oluliselt ei erine. Leotatud katsekehade katsete tulemused jäävad $0,15 \text{ N/mm}^2$ ja $0,18 \text{ N/mm}^2$ vahele ning perioodide kaupa suuri tõuse või langusi ei esine. Leotatud – külmutatud katsekehade katsete tulemused jäävad $0,15 \text{ N/mm}^2$ ja $0,17 \text{ N/mm}^2$ vahele ning perioodide kaupa suuri tõuse või langusi ei esine. Joonisel 30(b) on välja toodud märgade katsekehade sisesidususe katsetulemuste lähendusfunktsioonid.

Tabel 7. Märgade katsekehade sisesidusus standardhälbe ja variatsioonikordajaga, kruviga plaadi abitelje sihis

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N/mm^2)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N/mm^2)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N/mm^2)
0 - 0	0.34	0.10	29.16	0.15	0.54
1 - 1	0.15	0.02	15.55	0.11	0.20
1 - 2	0.14	0.05	36.18	0.04	0.24
2 - 1	0.13	0.02	17.47	0.09	0.17
2 - 2	0.11	0.04	35.32	0.03	0.19
3 - 1	0.11	0.03	27.15	0.05	0.17
3 - 2	0.14	0.02	18.23	0.09	0.19

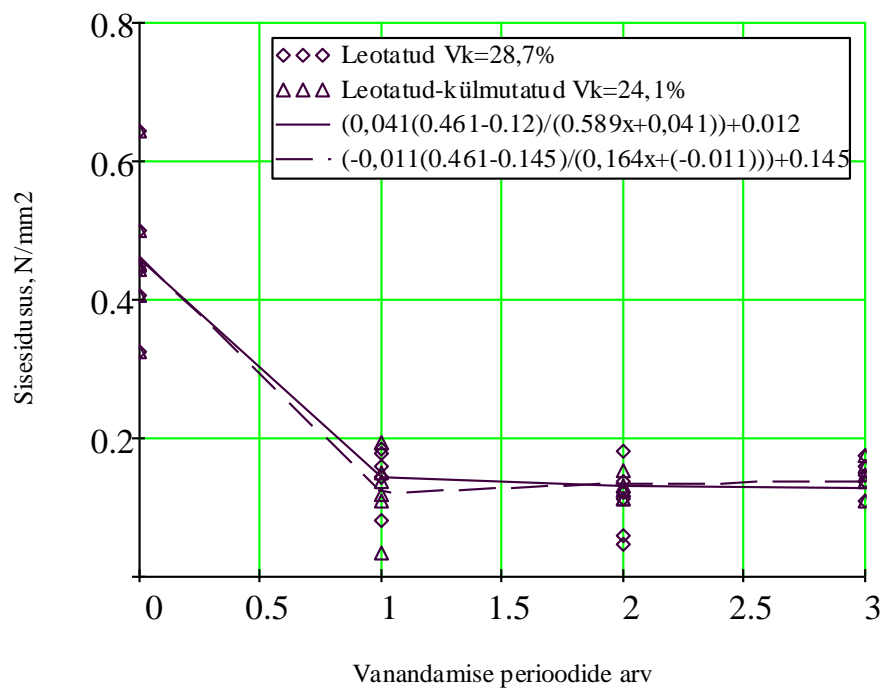
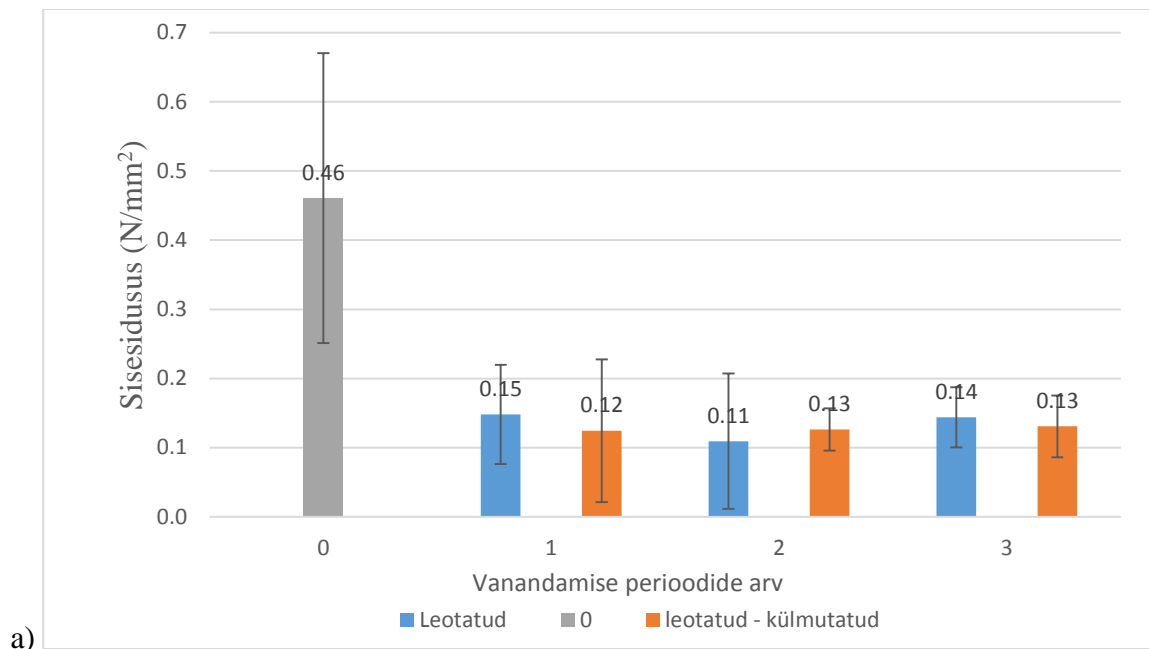


Joonis 31. Märgade katsekehade, kruviga plaadi abitelje sihis, sisesidususe keskmiste väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 31(a) on näha märgumise ja külmumise märgatavat mõju OSB/3 plaadi sisesidususele. Kruviga plaadi abitelje sihis oli tarnekuiva sisesidusus 0.34 N/mm^2 ning pärast esimest ligunemisseeriat kukkus see $0,15 \text{ N/mm}^2$ peale, mis on 44 % algväärtusest ja pärast esimest külmumisseeriat kukkus sisesidusus $0,14 \text{ N/mm}^2$ peale, mis on 41 % algväärtusest. Suurem langus toimub kohe pärast esimest ligunemisseeriat ning pärast seda on sisesidusus suhteliselt ühtlane. Sisesidusus pärast leotamist ja pärast külmutamist oluliselt ei erine. Leotatud katsekehadega katsete tulemused jäävad $0,11 \text{ N/mm}^2$ ja $0,15 \text{ N/mm}^2$ vahele ning perioodide kaupa suuri tõuse või langusi ei esine. Leotatud – külmutatud katsekehadega katsete tulemused jäävad $0,11 \text{ N/mm}^2$ ja $0,14 \text{ N/mm}^2$ vahele ning perioodide kaupa suuri tõuse või langusi ei esine. Joonisel 31(b) on välja toodud märgade kruviga, plaadi abitelje sihis, katsekehade sisesidususe katsetulemuste lähendusfunktsioonid.

Tabel 8. Märgade katsekehade sisesidusus standardhälbe ja variatsioonikordajaga, kruviga plaadi peatelje sihis

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N/mm^2)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N/mm^2)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N/mm^2)
0 - 0	0.46	0.11	23.32	0.25	0.67
1 - 1	0.15	0.04	24.78	0.08	0.22
1 - 2	0.12	0.05	42.57	0.02	0.23
2 - 1	0.11	0.05	45.89	0.01	0.21
2 - 2	0.13	0.02	12.35	0.10	0.16
3 - 1	0.14	0.02	15.53	0.10	0.19
3 - 2	0.13	0.02	17.46	0.09	0.18



Joonis 32. Märjade katsekehade, kruviga plaadi peatelje sihis, sisesidususe keskmiste väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiaграмmid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 32(a) on näha märgumise ja külmumise märgatavat mõju OSB/3 plaadi sisesidususele. Kruviga plaadi peatelje sihis oli tarnekuiva sisesidusus $0,46 \text{ N/mm}^2$ ning pärast esimest ligunemisseeriat kukkus see $0,15 \text{ N/mm}^2$ peale, mis on 33 % algväärtusest ja pärast esimest külmumisseeriat kukkus sisesidusus $0,12 \text{ N/mm}^2$ peale, mis on 35 % algväärtusest. Suurem langus toimub kohe pärast esimest ligunemisseeriat ning pärast seda väärtused stabiliseerusid. Sisesidusus pärast leotamist ja pärast külmutamist oluliselt ei erine. Leotatud katsekehadega katsete tulemused jäävad $0,11 \text{ N/mm}^2$ ja $0,15 \text{ N/mm}^2$ vahele ning perioodide kaupa suuri tõuse või langusi ei esine. Leotatud – külmutatud katsekehadega katsete tulemused jäävad $0,12 \text{ N/mm}^2$ ja $0,13 \text{ N/mm}^2$ vahele ning perioodide kaupa suuri tõuse või langusi ei esine. Joonisel 32(b) on välja toodud märgade kruviga, plaadi peatelje sihis, katsekehade sisesidususe katsetulemuste lähendusfunktsioonid.

Tabel 6 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemisseeriat kaotasid katsekehad sisesidususe keskvaartusest 69% ning pärast esimest külmumisseeriat 74%. Tabel 7 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis perioodi kaotasid katsekehad kruviga plaadi abitelje sihis sisesidususe keskvaartusest 56% ning pärast esimest külmumisseeriat 59%. Tabel 8 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemisperioodi kaotasid katsekehad kruviga plaadi peatelje sihis sisesidususe keskvaartusest 67% ning pärast esimest külmumisseeriat 74%. Variatsioonikordajad, mida võime vaadelda kui mõõtemääramatust, kõiguvad ühes seerias suurtes piirides ja on protsentuaalselt suured.

Sellest võib järeldada, kruvi orientatsioon plaadi laastude suhtes või selle olemasolu ei väljendu plaadi sisesidususes märgadel katsekehadel. Kõigil kolmes juhul jääb sisesidusus $0,11 \text{ N/mm}^2$ - $0,18 \text{ N/mm}^2$ vahele. Tarnekuivaga võrreldes kaotab OSB/3 sisesidususest pärast esimest ligunemisseeriat 56 % - 69 % olenevalt kruvi olemasolust või kruvi orientatsioonist ning pärast esimest külmumisseeriat kaotab 59 % - 74 %. Märgadel katsekehadel, millel on kruvi plaadi peatelje sihis kinnitatud, on väikseim langus sisesidususes.

3.1.2. Sisesidususe katsetulemused kuivade katsekehadega

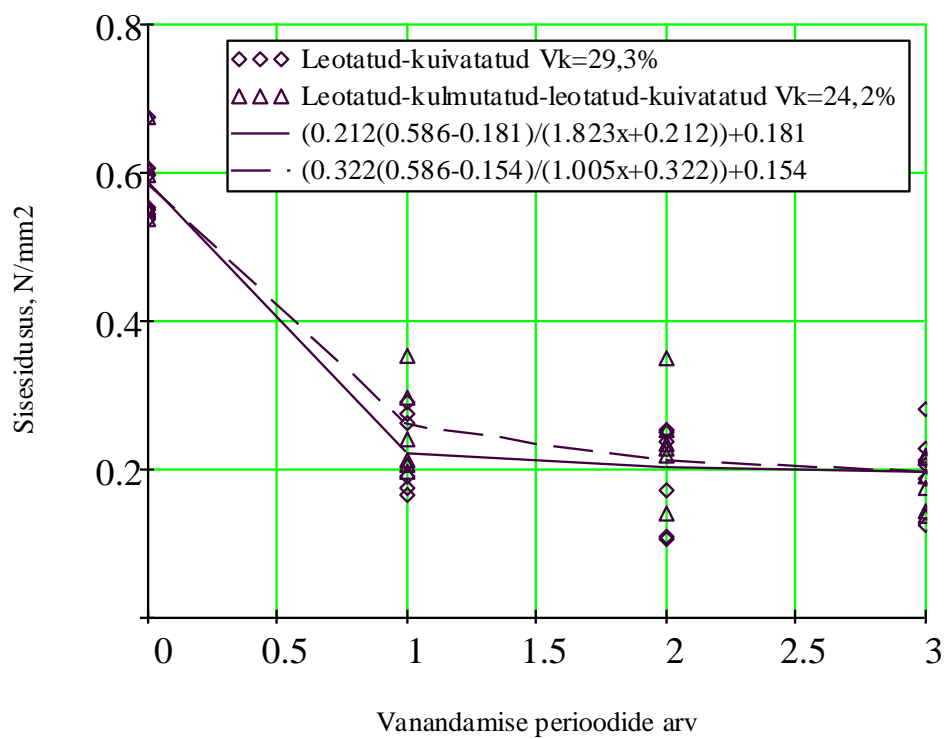
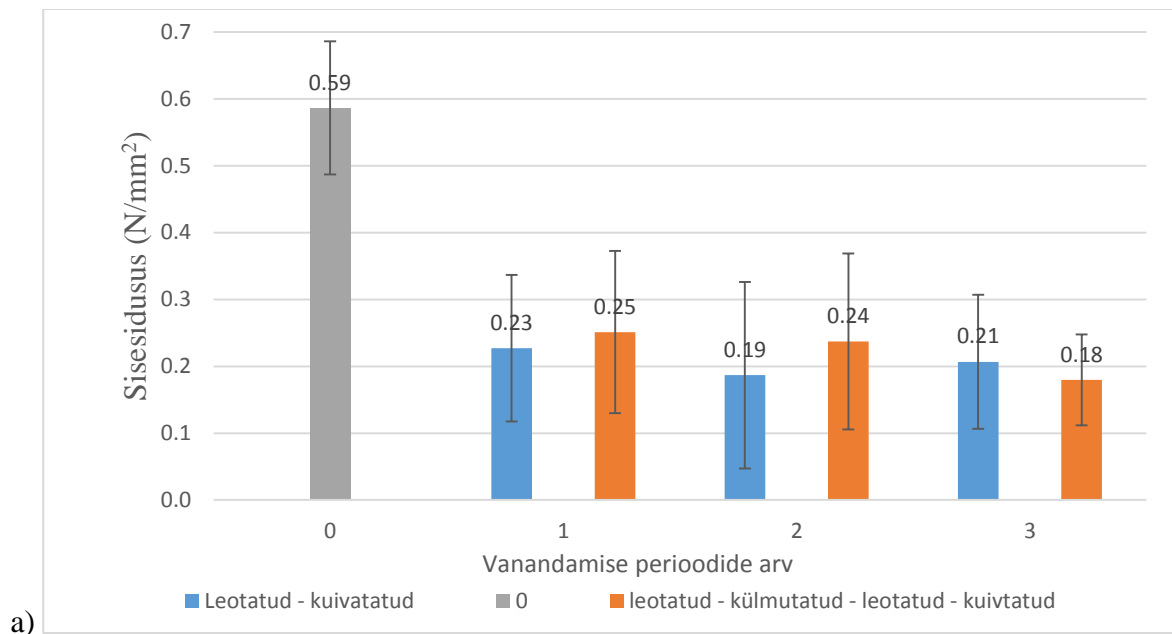
Järgnevalt on tulemused välja toodud koondtabelites kuivade katsekehadega (tabel 9), katsekehad, kruviga plaadi abitelje sihis (tabel 10) ning katsekehad, kruviga plaadi peatelje sihis (tabel 11).

Tulemuste illustreerimiseks on tabelite põhjal koostatud tulpdiagrammid (joonis 33a, joonis 34a ja joonis 35a). Nendes on välja toodud igale seeriale sisesidususe katsete tulemuste aritmeetiline keskmine ning ülemine- ja alumine 5% kvantiil.

Katsetulemuste analüüsimisel leiti, et sisesidusus langeb peaaegu iga perioodiga ning sellest lähtuvalt koostati nende andmete põhjal murdlineaarne funktsioon (9), millega tekitati lähenduskõverad, kus on tähistatud pideva joonega leotatud – kuivatatud katsetulemused ning kriipsjoonega on tähistatud leotatud – külmutatud – leotatud – kuivatatud katsetulemused.

Tabel 9. Kuivade katsekehade sisesidusus standardhälbe ja variatsioonikordajaga

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N/mm ²)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N/mm ²)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N/mm ²)
0 - 0	0.59	0.05	8.71	0.49	0.69
1 - 3	0.23	0.06	24.75	0.12	0.34
1 - 4	0.25	0.06	24.76	0.13	0.37
2 - 3	0.19	0.07	38.32	0.05	0.33
2 - 4	0.24	0.07	28.48	0.11	0.37
3 - 3	0.21	0.05	24.86	0.11	0.31
3 - 4	0.18	0.03	19.42	0.11	0.25

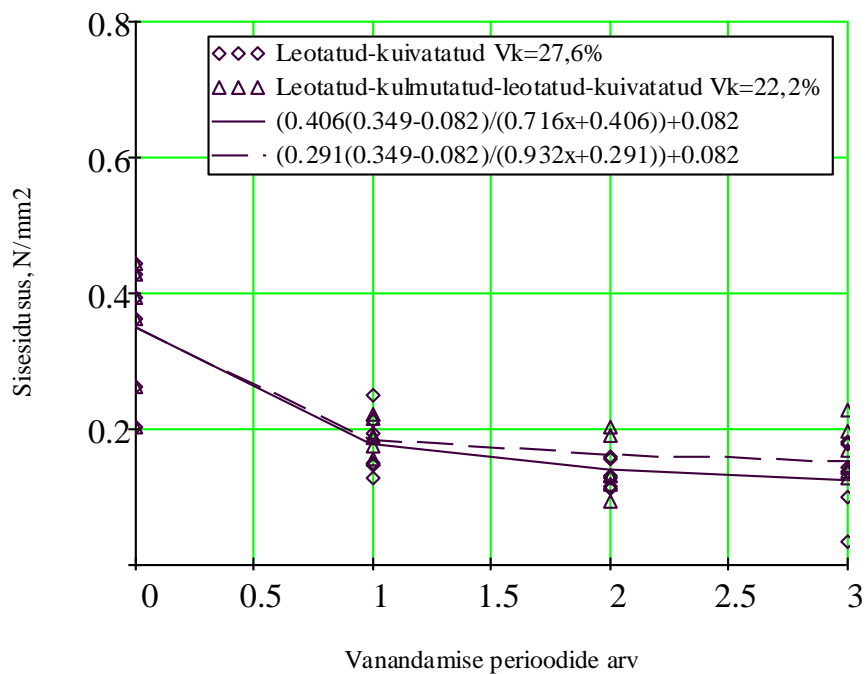
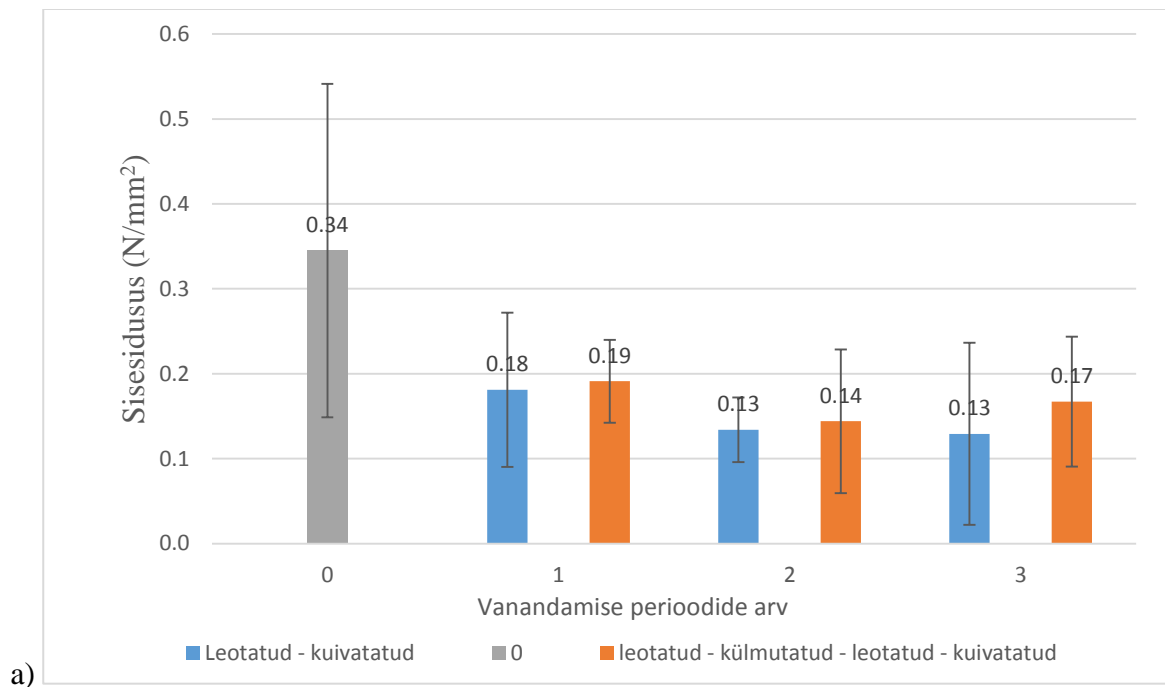


Joonis 33. Kuivade katsekehade sisesidususe keskmiste väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiaграммид koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 33(a) on näha märgumise, külmumise ja kuivatamise märgatavat mõju OSB/3 plaadi sisesidususele. Tarnekuival katsekehades on sisesidusus $0,59 \text{ N/mm}^2$. Juba pärast esimest ligunemis – kuivamis seeriat langes sisesidusus $0,23 \text{ N/mm}^2$ peale, mis on 39 % algväärtusest ja pärast esimest ligunemis - külmumis – ligunemis – kuivamis seeriat langes sisesidusus $0,25 \text{ N/mm}^2$ peale mis on 42 % algväärtusest. Suurem langus toimub kohe pärast esimest perioodi ning pärast seda on sisesidusus suhteliselt ühtlane. Katsekehades, mis olid perioodi jooksul külmutatud, nende sisesidusus oli kõrgem perioodidel 2 ja 3, kuid kolmandaks perioodiks langes sisesidusus mittekülmutatud katsekehade tulemustest allapoole. Leotatud - kuivatatud katsekehade katsete tulemused jäävad $0,19 \text{ N/mm}^2$ ja $0,23 \text{ N/mm}^2$ vahele ning perioodide kaupa suuri tõuse või langusi ei esine. Leotatud – külmutatud – leotatud - kuivatatud katsekehade katsete tulemused jäävad $0,18 \text{ N/mm}^2$ ja $0,25 \text{ N/mm}^2$ vahele kuid kolme perioodi järel on märgata langus sisesidususes. Joonisel 33(b) on välja toodud kuivade katsekehade sisesidususe katsetulemuste lähendusfunktsioonid.

Tabel 10. Kuivade katsekehade sisesidusus standardhälbe ja variatsioonikordajaga, kruviga plaadi abitelje sihis

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N/mm^2)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N/mm^2)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N/mm^2)
0 - 0	0.34	0.10	29.16	0.15	0.54
1 - 3	0.18	0.05	25.70	0.09	0.27
1 - 4	0.19	0.02	13.07	0.14	0.24
2 - 3	0.13	0.02	14.56	0.10	0.17
2 - 4	0.14	0.04	30.14	0.06	0.23
3 - 3	0.13	0.06	42.56	0.02	0.24
3 - 4	0.17	0.04	23.48	0.09	0.24

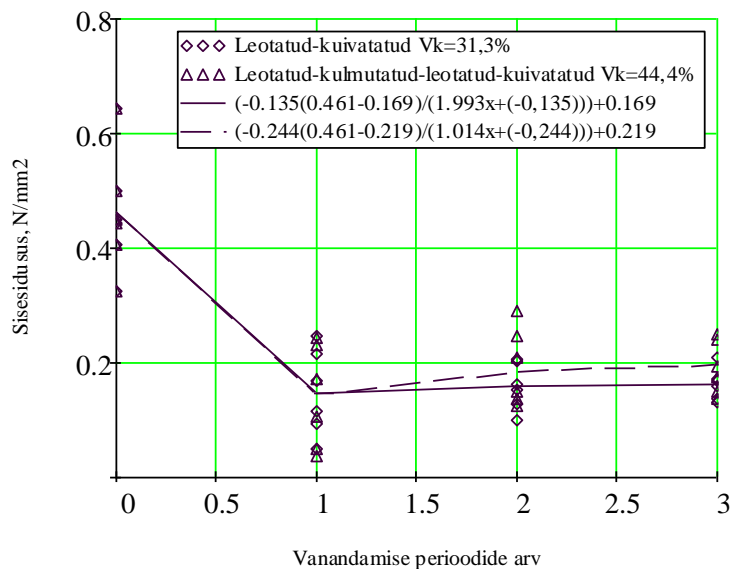
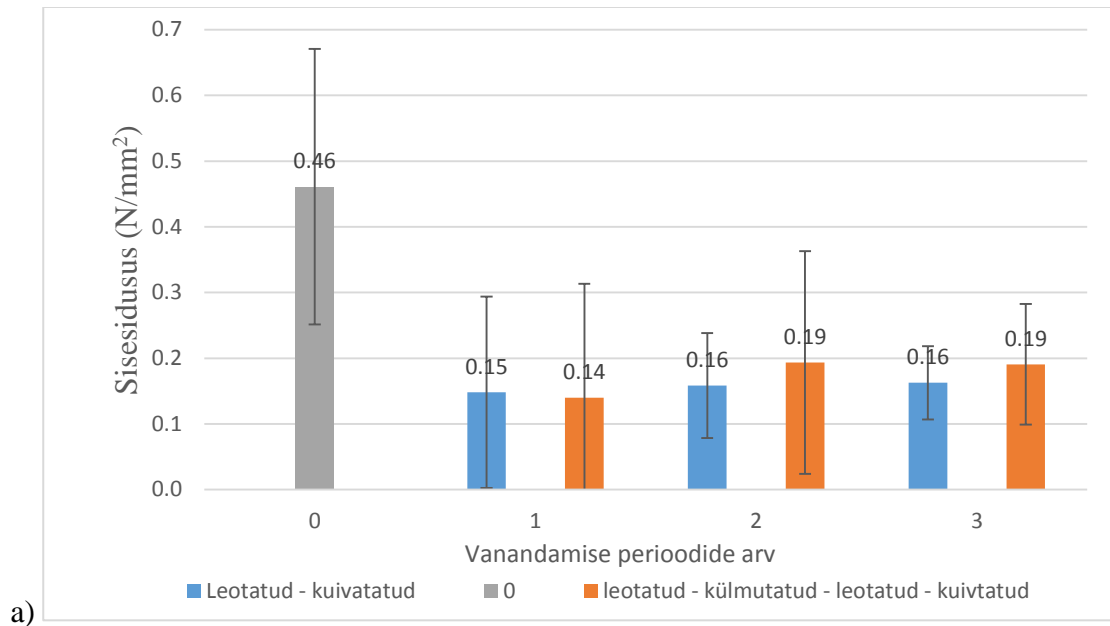


Joonis 34. Kuivade katsekehade, kruviga plaadi abitelje sihis, sisesidususe keskmised väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 34(a) on näha märgumise, külmumise ja kuivatamise märgatavat mõju OSB/3 plaadi sisesidususele. Kruviga, plaadi abitelje sihis, oli tarnekuiva sisesidusus $0,34 \text{ N/mm}^2$. Juba pärast esimest ligunemis – kuivamis seeriat kukkus sisesidusus $0,18 \text{ N/mm}^2$ peale, mis on 53 % algväärtusest ja pärast esimest ligunemis - külmumis – ligunemis – kuivamis seeriat kukkus sisesidusus $0,19 \text{ N/mm}^2$ peale, mis on 56 % algväärtusest. Suurem langus toimub kohe pärast esimest perioodi ning pärast seda on sisesidusus suhteliselt ühtlane. Katsekehades, mis olid perioodi jooksul külmutatud, nende sisesidusus oli kõrgem kui leotatud – kuivatatud katsetulemused. Leotatud - kuivatatud katsekehade katsete tulemused jäävad $0,13 \text{ N/mm}^2$ ja $0,18 \text{ N/mm}^2$ vahele ning perioodide kaupa suuri tõuse või langusi ei esine. Leotatud – külmutatud – leotatud - kuivatatud katsekehade katsete tulemused jäävad $0,14 \text{ N/mm}^2$ ja $0,19 \text{ N/mm}^2$ vahele kuid kolme perioodi järel on märgata langus sisesidususes. Joonisel 34(b) on välja toodud kuivade kruviga, plaadi abitelje sihis, katsekehade sisesidususe katsetulemuste lähendusfunktsioonid.

Tabel 11. Kuivade katsekehade sisesidusus standardhälbe ja variatsioonikordajaga, kruviga plaadi peatelje sihis

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N/mm^2)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N/mm^2)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N/mm^2)
0 - 0	0.46	0.11	23.32	0.25	0.67
1 - 3	0.15	0.07	50.45	0.00	0.29
1 - 4	0.14	0.09	63.49	-0.03	0.31
2 - 3	0.16	0.04	25.87	0.08	0.24
2 - 4	0.19	0.07	34.89	0.06	0.32
3 - 3	0.16	0.03	17.58	0.11	0.22
3 - 4	0.19	0.05	24.63	0.10	0.28



Joonis 35. Kuivade katsekehade, kruviga plaadi peatelje sihis, sisesidususe keskmised väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiaграмmid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* – lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 35(a) on näha märgumise, külmutamise ja kuivatamise märgatavat mõju OSB/3 plaadi sisesidususele. Kruviga, plaadi peatelje sihis, oli tarnekuiva sisesidusus 0.46 N/mm^2 . Juba pärast esimest ligunemis – kuivamis seeriat kukkus sisesidusus 0.15 N/mm^2 peale, mis on 33 % algväärtusest ja pärast esimest ligunemis - külmutamis – ligunemis – kuivamis seeriat kukkus

sisesidusus 0,14 N/mm² peale, mis on 31 % algväärtusest. Suurem langus toimub kohe pärast esimest perioodi ning pärast seda on sisesidusus suhteliselt ühtlane. Katsekehad, mis olid perioodi jooksul külmutatud, nende sisesidusus oli kõrgem kui leotatud – kuivatatud katsetulemused. Leotatud - kuivatatud katsekehadega katsete tulemused jäävad 0,15 N/mm² ja 0,16 N/mm² vahele ning perioodide kaupa suuri tõuse või langusi ei esine. Leotatud – külmutatud – leotatud - kuivatatud katsekehadega katsete tulemused jäävad 0,14 N/mm² ja 0,19 N/mm² vahele, kuid kolme perioodi järel on märgata langus sisesidususes. Joonisel 35(b) on välja toodud kuivade kruviga, plaadi peatelje sihis, katsekehade sisesidususe katsetulemuste lähendusfunktsioonid.

Tabel 9 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis – kuivamis seeriat kaotasid katsekehad sisesidususe keskväärtusest 61 % ning pärast esimest ligunemis - külmumis – ligunemis – kuivamis seeriat 58 %. Tabel 10 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis - kuivamis seeriat kaotasid katsekehad, kruviga plaadi abitelje sihis, sisesidususe keskväärtusest 47% ning pärast esimest ligunemis - külmumis – ligunemis – kuivamis seeriat 44 %. Tabel 11 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis – kuivamis seeriat kaotasid katsekehad, kruviga plaadi peatelje sihis, sisesidususe keskväärtusest 67 % ning pärast esimest ligunemis - külmumis – ligunemis – kuivamis seeriat 69%. Variatsioonikordajad, mida võime vaadelda kui mõõtemääramatust, kõiguvad ühes seerias suurtes piirides ja on protsentuaalselt suured.

Sellest võib järeldada, kruvi orientatsioon plaadi laastude suhtes ei väljendu plaadi sisesidususes kuivadel katsekehadel, kuid kruvi olemasolu väljendub plaadi sisesidususel. Kruvita katsetulemustes jääb sisesidusus 0.18 N/mm² - 0.25 N/mm² vahele ning kruviga katsetulemused jäävad 0.13 N/mm² - 0.19 N/mm² vahele. On märgata et kõigil kolmel juhul on ligunemis - külmumis – ligunemis – kuivamis seeria katsetulemused kõrgemad kui leotatud – kuivatatud. Tarnekuivaga võrreldes kaotab OSB/3 sisesidususest pärast esimest ligunemis – kuivamis seeriat 47 % - 67 % olenevalt kruvi olemasolust või kruvi orientatsioonist ning pärast esimest ligunemis - külmumis – ligunemis – kuivamis seeriat kaotab 44 % - 69 %. Märgata on katsekehadel on ligunemis - külmumis – ligunemis – kuivamis seeriat selge langus, kuid kruviga katsekehadel langust pole vaid tulemused varieeruvad vahemikus 0,14 N/mm² – 0,19 N/mm².

3.2. Kruvi väljatõmbe katsetulemuste analüüs

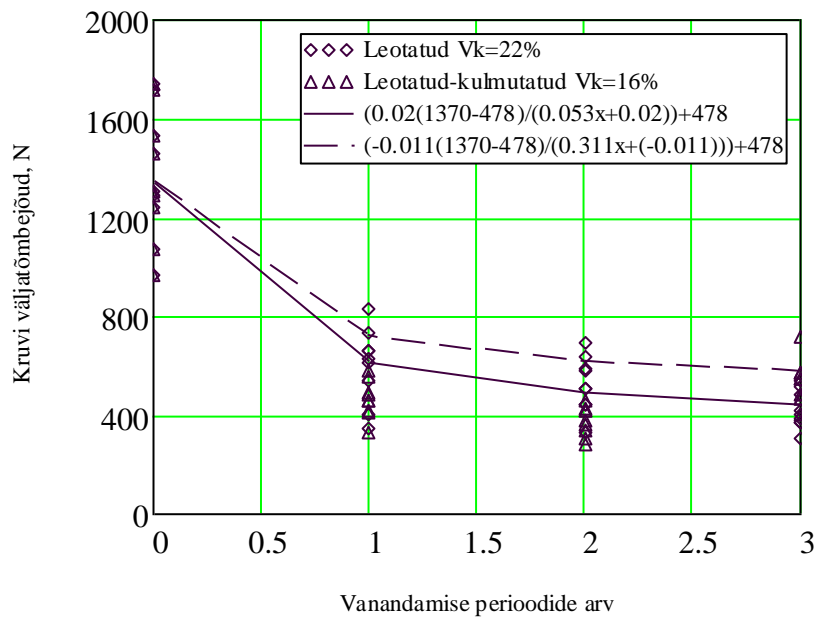
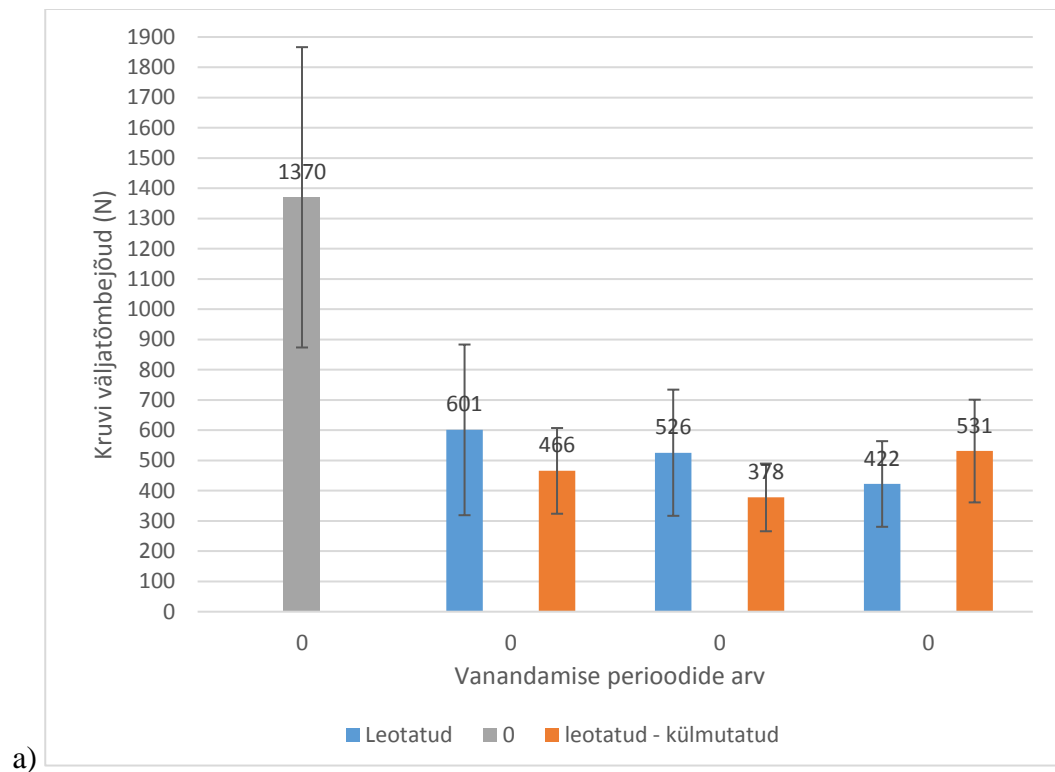
Katsetati katsekehade pealt ja serva kinnitatud kruvide väljatõmmet. Servast tõmbamises oli seerias 9 katset ning pealt oli 12 katset. Serva kinnitatud kruvi tõmbejõud eristati laastude orientatsiooni plaadis, kuid pealt kinnitatud kruvidel mitte. Andmete töötlemine toimus standardi EVS-EN 326-1:2002 põhjal [2]. Servast tõmmatud katsetulemuste analüüsimiseks kasutati ühepoolset t -väärtust $t_n = 1,86$ ning pealt tõmmatud katsetulemuste analüüsiks kasutati ühepoolset t -väärtust $t_n = 1,80$ (tabel 5).

3.2.1. Märjade katsekehade serva kinnitatud kruvide väljatõmbejõud

Märjad katsekehad jaotati kahte gruppi. Mõlemas grupis oli kolm katsekeha kolme kruviga, mis läbisid samasugused seeriad ning perioodid. Tulemused on välja toodud koondtabelites katsekehadel plaadi abitelje sihis (tabel 12) ja plaadi peatelje sihis (tabel 13). Tulemuste illustreerimiseks on tabelite põhjal koostatud tulpdiagrammid. Neis on välja toodud igale seeriale kruvi väljatõmbejõu tulemuste aritmeetilised keskmised ning ülemine ja alumine 5 % kvantiil. Katsetulemuste analüüsimisel koostati nende andmete põhjal murdlineaarne funktsioon (9), millega tekitati lähenduskõverad, on tähistatud pideva joonega leotatud katsetulemused ning kriipsjoonega on tähistatud leotatud – külmutatud katsetulemused.

Tabel 12. Märjade katsekehade, plaadi abitelje sihis, serva kinnitatud kruvi väljatõmbejõud standardhälbe ja variatsioonikordajaga

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N)
0 - 0	1370	267	19	874	1866
1 - 1	601	152	25	319	883
1 - 2	466	76	16	324	607
2 - 1	526	112	21	317	734
2 - 2	378	60	16	266	490
3 - 1	422	76	18	281	564
3 - 2	531	91	17	361	701

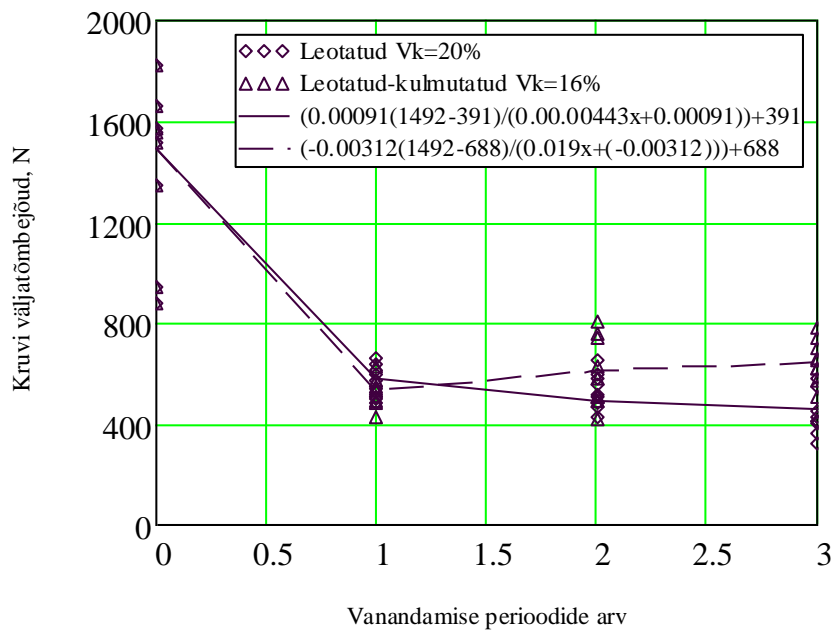
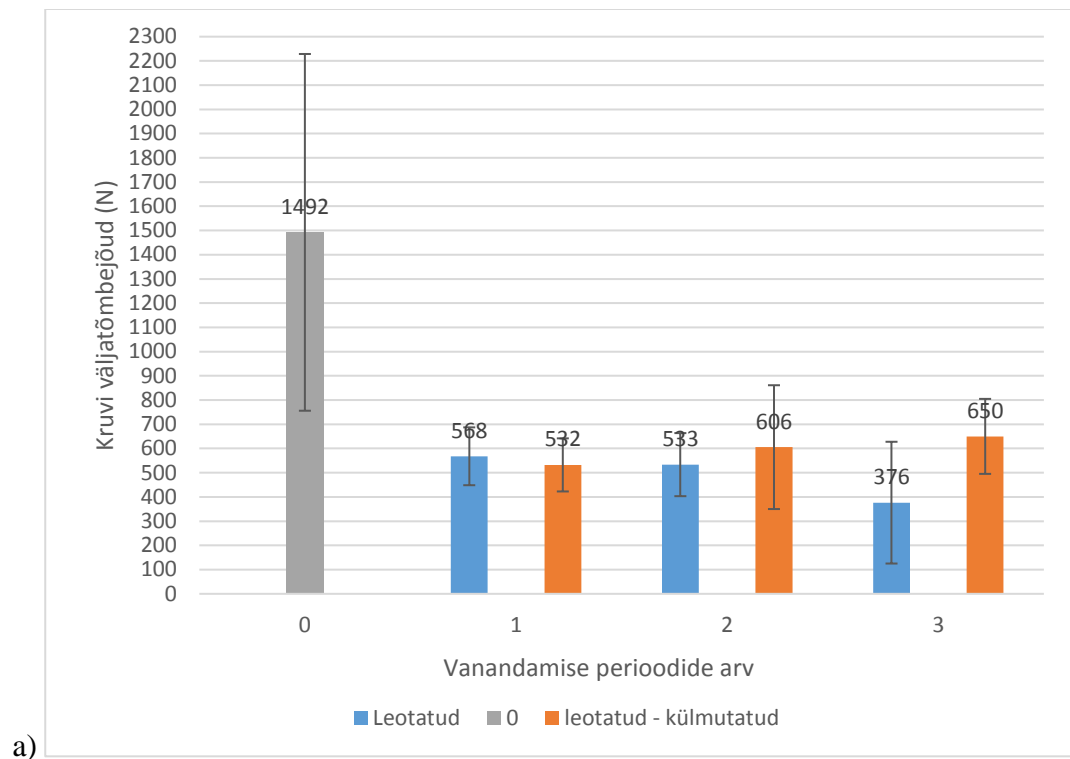


Joonis 36. Märjade katsekehade, kruviga plaadi abitelje sihis, serva kinnitatud kruvi väljatõmbejõu keskmiste väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Tabel 13. Märgade katsekehade, plaadi peatelje sihis, serva kinnitatud kruvi väljatõmbejõud standardhälbe ja variatsioonikordajaga

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N)
0 - 0	1492	396	27	756	2229
1 - 1	568	64	11	448	687
1 - 2	532	59	11	423	642
2 - 1	533	70	13	403	664
2 - 2	606	137	23	350	861
3 - 1	376	135	36	125	628
3 - 2	650	83	13	495	805

Joonisel 36(a) on näha märgumise ja külmumise märgatavat mõju OSB/3 plaadi kruvi väljatõmbejõule. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, tarnekuiva väljatõmbejõud 1370 N ning pärast esimest ligunemisseeriat kukkus see 601 N peale, mis on 43,9 % algväärtusest ja pärast esimest külmumisseeriat kukkus sisesidusus 466 N peale, mis on 34,0 % algväärtusest. Suurem langus toimub kohe pärast esimest ligunemisseeriat ning pärast seda on kruvi väljatõmbejõud suhteliselt ühtlasel tasemel. Väljatõmbejõud pärast leotamist ja pärast külmutamist oluliselt ei erine. Leotatud katsekehadega katsete tulemused jäävad 422 N ja 601 N vahele ning perioodidekaupa on näha tulemuste langemist. Leotatud – külmutatud katsekehadega katsete tulemused jäävad 378 N ja 531 N vahele ning perioodide kaupa suuri tõuse või langusi ei esine. Joonisel 36(b) on välja toodud märgade katsekehade, plaadi abitelje sihis, kruvi väljatõmbejõu katsetulemuste lähendusfunktsioonid.



Joonis 37. Märjade katsekehade, kruviga plaadi peatelje sihis, serva kinnitatud kruvi väljatõmbed, N keskmiste väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 37(a) on näha märgumise ja külmumise märgatavat mõju OSB/3 plaadi kruvi väljatõmbejõule. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, tarnekuiva väljatõmbejõud 1492 N ning pärast esimest ligunemisseeriat kukkus see 568 N peale, mis on 38,1 % algväärtusest ja pärast esimest külmumisseeriat kukkus sisesidusus 532 N peale, mis on 35,7 % algväärtuset. Suurem langus toimub kohe pärast esimest ligunemisseeriat ning pärast seda on kruvi väljatõmbejõud suhteliselt ühtlasel tasemel. Väljatõmbejõud pärast leotamist on väiksem kui pärast külmutamist. Leotatud katsekehade katsete tulemused jäävad 376 N ja 568 N vahele ning perioodidekaupa on näha tulemuste langemist. Leotatud – külmutatud katsekehade katsete tulemused jäävad 532 N ja 650 N vahele ning perioodide kaupa on näha tulemuste suurenemist. Joonisel 37(b) on välja toodud märgade katsekehade, plaadi peatelje sihis, kruvi väljatõmbejõu katsetulemuste lähendusfunktsioonid.

Tabel 12 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemisseeriat kaotasid katsekehad, plaadi abitelje sihis, kruvi väljatõmbejõust 56,1 % ning pärast esimest külmutusseeriat 66,0 %. Tabel 13 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemisseeriat kaotasid katsekehad, plaadi abitelje sihis, kruvi väljatõmbejõust 61,9 % ja pärast esimest külmumisseeriat 64,3 %. Variatsioonikordajad, mida võime vaadelda kui mõõtemääramatust, kõiguvad ühes seerias suurtes piirides ja on protsentuaalselt suured.

Sellest võib järeldada, märgadel katsekehadel plaadi servast kruvi väljatõmbejõud oleneb plaadi laastude orientatsioonist. Katsekehadel plaadi abitelje sihis jääb kruvi väljatõmbejõud 378 N - 601 N vahele ning plaadi peatelje sihis väljatõmbejõud jäävad 376 N - 650 N vahele. Mõlemal juhul on näha ligunemisseerias tulemuste langust ja risti tootmissuunda külmutatud katsekehadel on näha väljatõmbejõu suurenemist, kuna jää omad suuremat nihkejõudu kui vesi. Tarnekuivaga võrreldes kaotavad plaadi abitelje sihis katsekehade kruvid väljatõmbejõust pärast esimest ligunemisseeriat 56,1 % ning plaadi peatelje sihis 61,9 %. Pärast esimest külmumisseeriat kaotavad plaadi abitelje sihis katsekehade kruvid 66,0 % väljatõmbejõust ja plaadi peatelje sihis 64,3 %. Märgata on katsekehadel, plaadi peatelje sihis, kruvi väljatõmbejõu

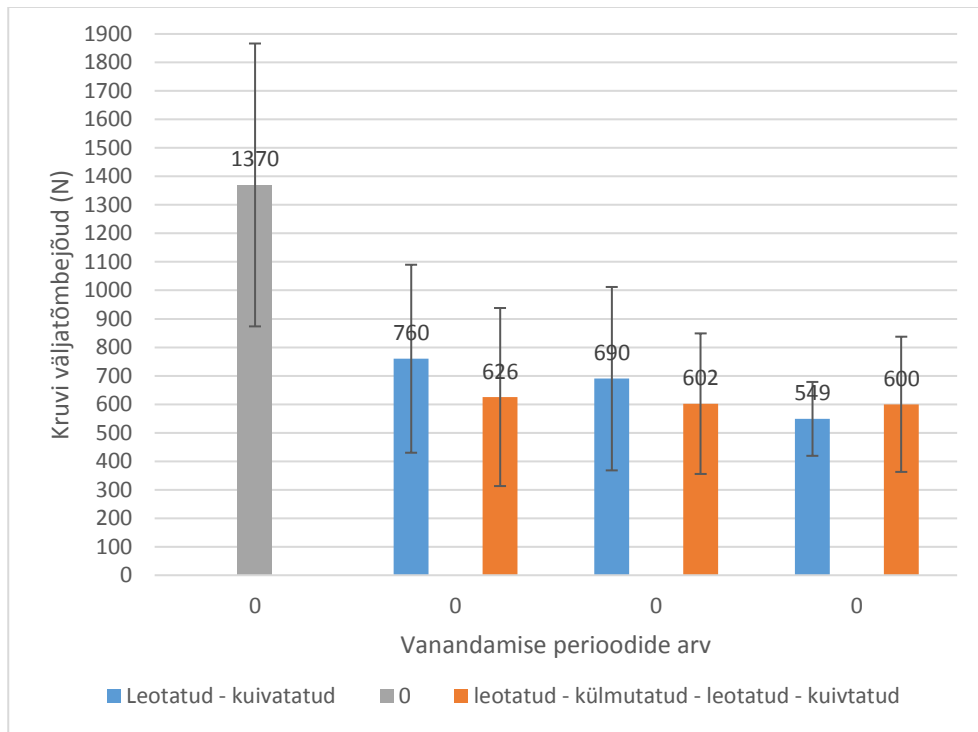
suurenemist külmumisperioodide arvu suurenemisega. Plaadi abitelje sihis katsekehadel olid ligunemisseeria katsetulemused suuremad kui peatelje sihis.

3.2.2. Kuivade katsekehade serva kinnitatud kruvide väljatõmbe jõud

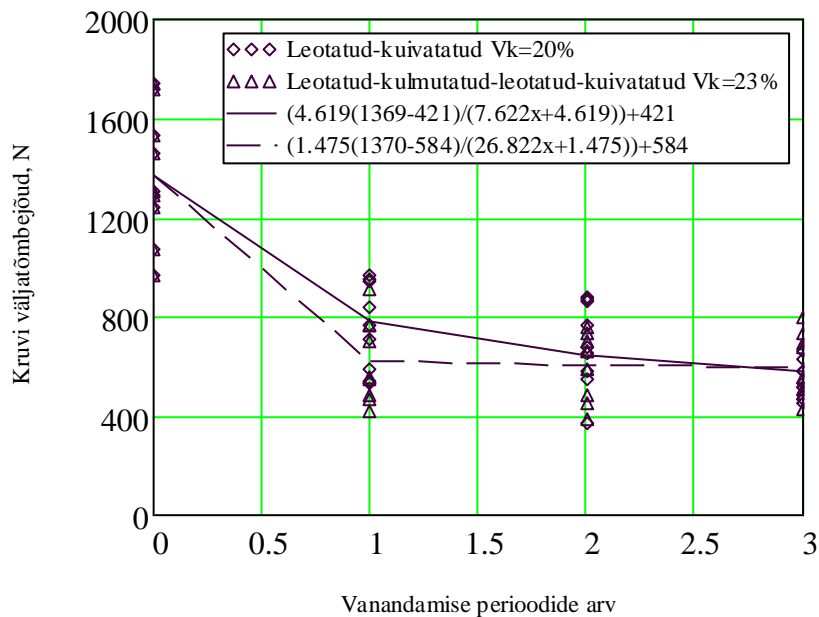
Kruvi väljatõmbe jõu servast tõmbamisel kuivad katsekehad jaotati kahte gruppi. Mõlemas grupis oli kolm katsekeha kolme kruviga, mis läbisid samasugused seeriad ning perioodid. Tulemustes kasutati ühepoolset t -väärtust $t_n = 1,86$. Tulemused on välja toodud koondtabelites (tabel 14 ja tabel 15). Tulemuste illustreerimiseks on tabelite põhjal koostatud tulpdiaграмmid. Neis on välja toodud igale seeriale kruvi väljatõmbe jõu tulemuste aritmeetilised keskmised ning ülemine ja alumine 5 % kvantiil. Katsetulemuste analüüsimisel koostati nende andmete põhjal murdlineaarne funktsioon (9), millega tekitati lähenduskõverad, kus on tähistatud pideva joonega leotatud - kuivatatud katsetulemused ning kriipsjoonega on tähistatud leotatud – külmutatud – leotatud – kuivatatud katsetulemused.

Tabel 14. Kuivade katsekehade, plaadi abitelje serva kinnitatud kruvi väljatõmbe jõud standardhälbe ja variatsioonikordajaga

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N)
0 - 0	1370	267	19	874	1866
1 - 3	760	177	23	430	1090
1 - 4	626	168	27	313	938
2 - 3	690	173	25	368	1012
2 - 4	602	133	22	356	849
3 - 3	549	70	13	419	679
3 - 4	600	128	21	363	837



a)



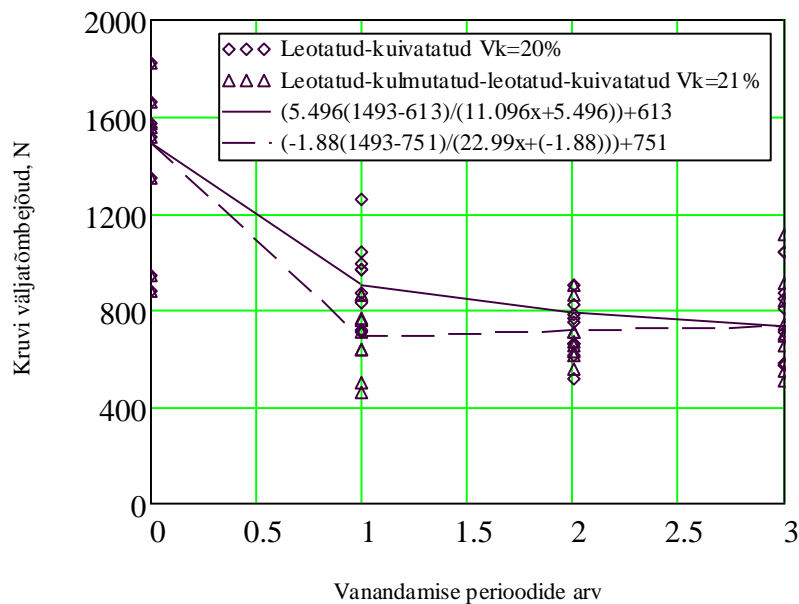
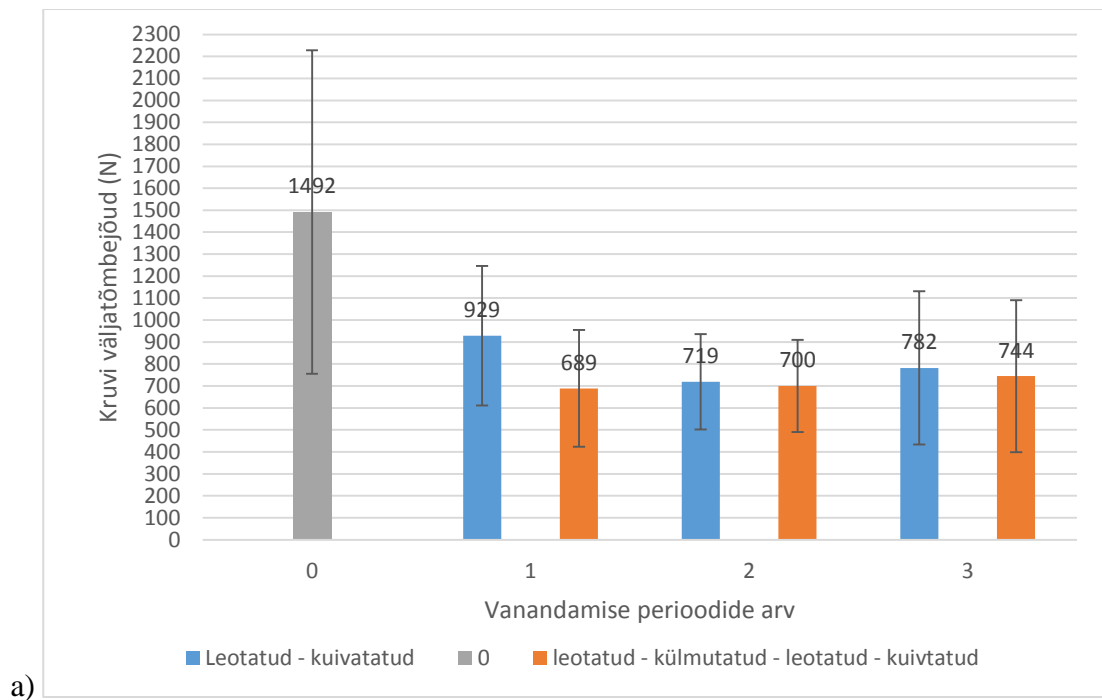
b)

Joonis 38. Kuivade katsekehade, kruviga plaadi abitelje sihis, serva kinnitatud kruvi väljatõmbe jõu keskmiste väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 38(a) on näha märgumise, külmumise ja kuivatuse märgatavat mõju OSB/3 plaadi kruvi väljatõmbejõule. Katsekehad, plaadi abitelje sihis, oli tarnekuiva väljatõmbejõud 1370 N ning pärast esimest ligunemis – kuivatus seeriat kukkus see 760 N peale, mis on 55,5 % algväärtusest ja pärast esimest ligunemis – külmumis – ligunemis – kuivatus seeriat kukkus kruvi väljatõmbejõud 626 N peale, mis on 45,7 % algväärtusest. Suurem langus toimub kohe pärast esimest ligunemis – kuivatus seeriat ning pärast seda on kruvi väljatõmbejõud suhteliselt ühtlasel tasemel. Väljatõmbejõud pärast leotamist - kuivatamist ja pärast ligunemist – külmutamist – ligunemist - kuivatamist oluliselt ei erine. Leotatud - kuivatatud katsekehadega katsete tulemused jäävad 549 N ja 760 N vahele ning perioodide kaupa on näha tulemuste langemist. Leotatud – külmutatud – leotatud – kuivatatud katsekehadega katsete tulemused jäävad 600 N ja 626 N vahele ning perioodide kaupa ei esine suuri muutusi. Joonisel 38(b) on välja toodud kuivade katsekehade, plaadi abitelje sihis, kruvi väljatõmbejõu katsetulemuste lähendusfunktsioonid.

Tabel 15. Kuivade katsekehade, plaadi peatelje sihis, serva kinnitatud kruvi väljatõmbejõud standardhälbe ja variatsioonikordajaga

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantii, $L_{5\%}^q$ (N)	Ülemine Kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N)
0 - 0	1492	396	27	756	2229
1 - 3	929	171	18	611	1247
1 - 4	689	143	21	423	955
2 - 3	719	117	16	502	936
2 - 4	700	113	16	490	910
3 - 3	782	188	24	433	1132
3 - 4	744	186	25	398	1090



Joonis 39. Kuivade katsekehade, kruviga plaadi peatelje sihis, serva kinnitatud kruvi väljatõmbed jõu keskmiste väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 39(a) on näha märgumise, külmumise ja kuivatuse märgatavat mõju OSB/3 plaadi kruvi väljatõmbejõule. Katsekehad, plaadi peatelje sihis, tarnekuiva väljatõmbejõud 1492 N ning pärast esimest ligunemis – kuivatus seeriat kukkus see 929 N peale, mis on 62,3 % algväärtusest ja pärast esimest ligunemis – külmumis – ligunemis – kuivatus seeriat langes kruvi väljatõmbejõud 689 N peale, mis on 46,2 % algväärtusest. Suurem langus toimub kohe pärast esimest ligunemis – kuivatus seeriat ning pärast seda on kruvi väljatõmbejõu väärtused stabiliseerusid. Väljatõmbejõud pärast leotamist - kuivatamist ja pärast ligunemist – külmutamist – ligunemist - kuivatamist oluliselt ei erine. Leotatud - kuivatatud katsekehadega katsete tulemused jäävad 719 N ja 929 N vahele ning pärast teist perioodi suuri muutusi ei esine. Leotatud – külmutatud – leotatud – kuivatatud katsekehadega katsete tulemused jäävad 689 N ja 744 N vahele ning perioodide kaupa on näha väikest tõusu. Joonisel 39(b) on välja toodud kuivade katsekehade, plaadi peatelje sihis, kruvi väljatõmbejõu funktsioonid.

Tabel 14 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis – kuivatamis seeriat kaotasid katsekehad, plaadi abitelje sihis, kruvi väljatõmbejõust 44,5 % ning pärast esimest ligunemis – külmutus – ligunemis – kuivatus seeriat 54,3 %. Tabel 15 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis – kuivatus seeriat kaotasid katsekehad, plaadi peatelje sihis, kruvi väljatõmbejõust 37,7 % ja pärast esimest ligunemis – külmumis – ligunemis – kuivatus seeriat 53,8 %. Variatsioonikordajad, mida võime vaadelda kui mõõtemääramatust, kõiguvad ühes seerias suurtes piirides ja on protsentuaalselt suured.

Sellest võib järeldada, kuivadel katsekehadel plaadi servast kruvi väljatõmbejõud oleneb plaadi laastude orientatsioonist. Katsekehadel, plaadi abitelje sihis, jääb kruvi väljatõmbejõud 549 N - 760 N vahele ning plaadi peatelje sihis katsetulemused jäävad 689 N - 929 N vahele. Katsekehadel, plaadi abitelje sihis, on näha ligunemis – kuivatus seerias tulemuste langust ja plaadi abitelje sihis, külmutatud katsekehadel on näha väljatõmbejõu suurenemist. Tarnekuivaga võrreldes kaotavad katsekehad, plaadi abitelje sihis, kruvid väljatõmbejõust pärast esimest ligunemis – kuivatus seeriat 44,5 % ning plaadi peatelje sihis 37,7 %. Pärast esimest ligunemis – külmumis – ligunemis – kuivatus seeriat kaotab kaotavad katsekehad, plaadi abitelje sihis, 54,3 % väljatõmbejõust ja plaadi peatelje sihis 53,8 %. Märgata on

katsekehadel, plaadi peatelje sihis, kruvi väljatõmbejõu suurenemist külmumisperioodide arvu suurenemisega. Katsekehadel, plaadi abitelje sihis, olid ligunemis – kuivatus seeria katsetulemused olid suuremad kui plaadi peatelje sihis.

3.2.3. Märjade katsekehade pealispinnalt kinnitatud kruvide väljatõmbejõud

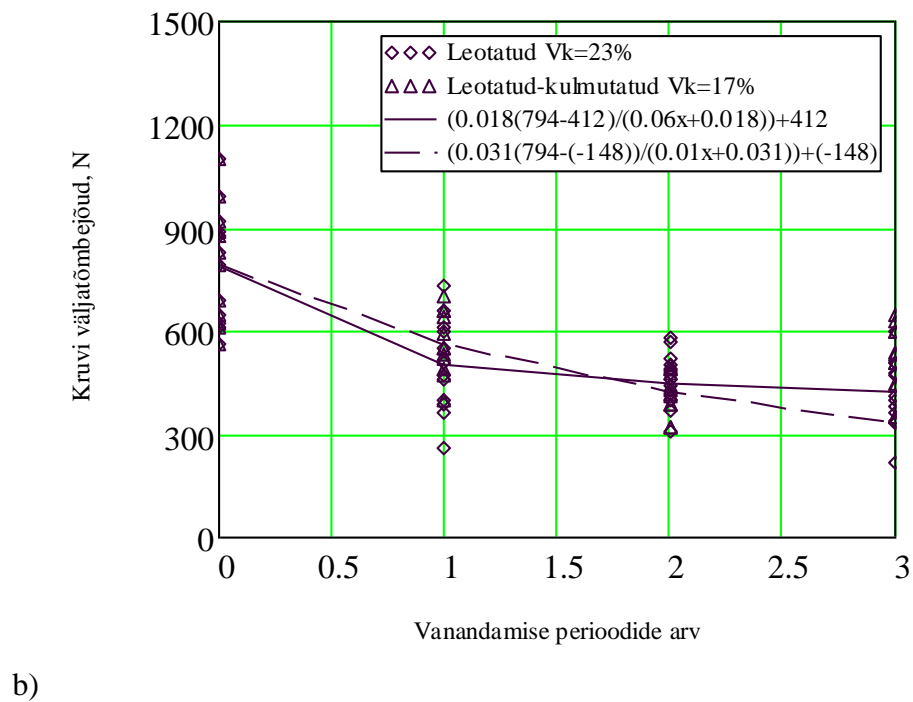
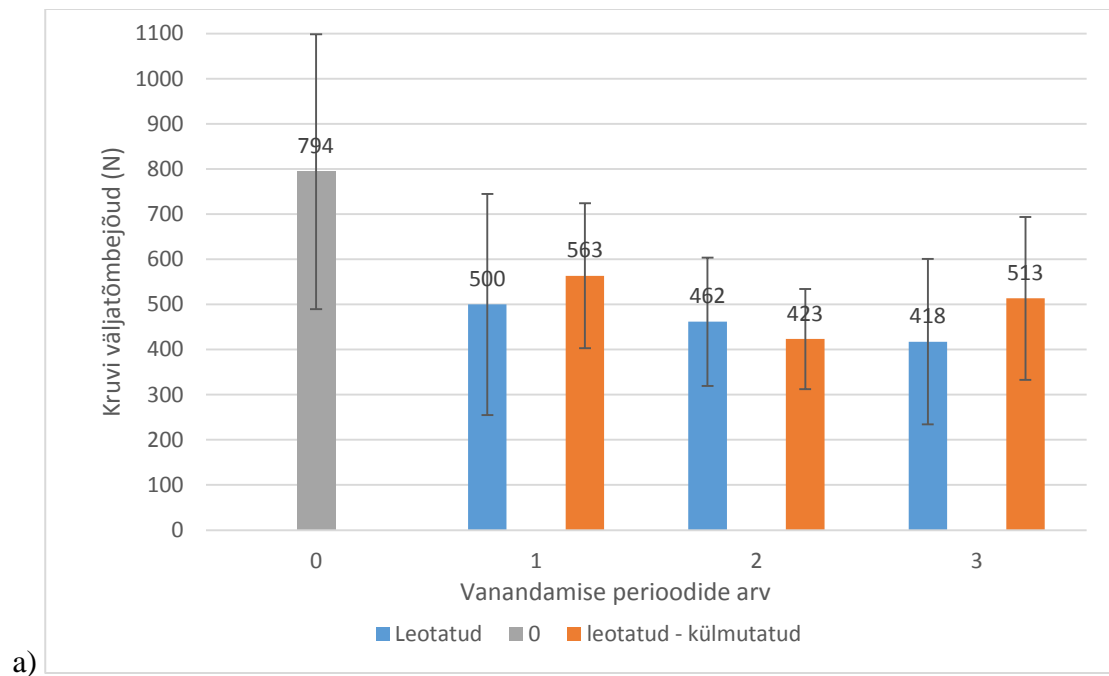
Kruvi väljatõmbejõu pealt tõmbamisel, märjad katsekehad olid ühes grupis. Grupis oli 6 katsekeha kahe kruviga, mis läbisid samasugused seeriad ning perioodid. Katsekehad olid lõigatud 3 plaadi abitelje ja 3 plaadi peatelje sihis, kuid telgede suunda katsete tulemuste analüüsis arvesse ei võetud, kuna see ei mõjuta pealt tõmmatava kruvi väljatõmbejõudu. Tulemused on välja toodud koondtabelisse (tabel 16).

Tulemuste illustreerimiseks on tabeli põhjal koostatud tulpdiagramm (joonis 40). Neis on välja toodud igale seeriale kruvi väljatõmbejõu tulemuste aritmeetilised keskmised ning ülemine- ja alumine 5 % kvantiil.

Katsetulemuste analüüsimisel koostati nende andmete põhjal murdlineaarne funktsioon (9), millega tekitati lähenduskõverad, kus on tähistatud pideva joonega leotatud katsetulemused ning kriipsjoonega on tähistatud leotatud – külmutatud katsetulemused.

Tabel 16. Märjade katsekehade pealt kinnitatud kruvi väljatõmbejõud standardhälbe ja variatsioonikordajaga

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N)
0 - 0	794	170	21	490	1099
1 - 1	500	137	27	255	745
1 - 2	563	89	16	403	724
2 - 1	462	79	17	319	604
2 - 2	423	62	15	312	534
3 - 1	418	102	24	234	601
3 - 2	513	100	20	333	694



Joonis 40. Märgade katsekehade pealt kinnitatud kruvi väljatõmbejõu keskmiste väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdigrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* – lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 40(a) on näha märgumise ja külmumise märgatavat mõju OSB/3 plaadi kruvi väljatõmbejõule. Pealispinnalt kinnituvate kruvidega oli tarnekuiva väljatõmbejõud 794 N ning pärast esimest ligunemisseeriat kukkus see 500 N peale, mis on 63,0 % algväärtusest ja pärast esimest külmumisseeriat kukkus kruvi väljatõmbejõud 563 N peale, mis on 70,9 % algväärtusest. Suurem langus toimub kohe pärast esimest ligunemisseeriat ning pärast seda on kruvi väljatõmbejõud suhteliselt ühtlasel tasemel. Väljatõmbejõud pärast leotamist on väiksem kui pärast külmutamist. Leotatud katsekehade katsete tulemused jäävad 418 N ja 500 N vahele ning perioodide kaupa on näha tulemuste langemist. Leotatud – külmutatud katsekehade katsete tulemused jäävad 423 N ja 563 N vahele. Joonisel 40(b) on välja toodud märgade katsekehade pealispinnalt kruvi väljatõmbejõu katsetulemuste lähendusfunktsioonid.

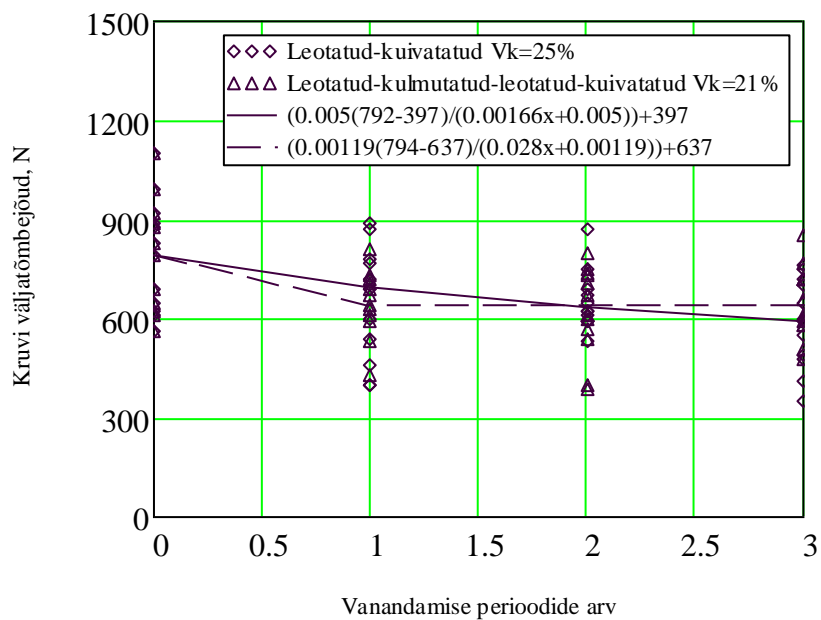
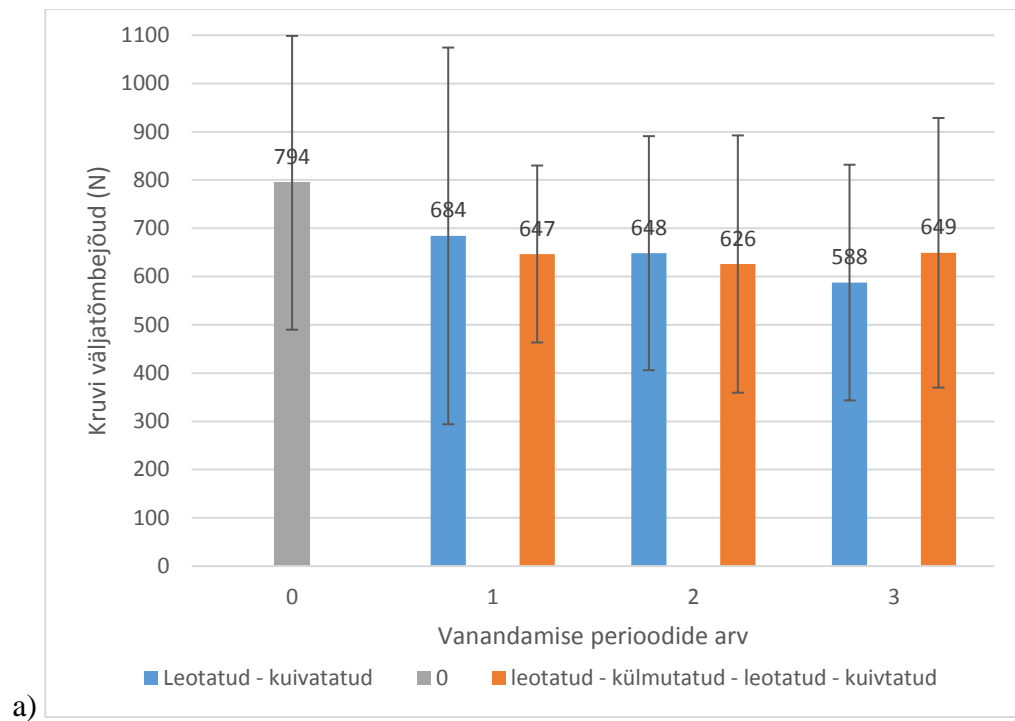
Tabel 16 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemisseeriat kaotas katsekehas pealispinnalt tõmmatavad kruvid väljatõmbejõust 37,0 % ning pärast esimest külmutusseeriat 29,1 %. Variatsioonikordajad, mida võime vaadelda kui mõõtemääramatust, kõiguvad ühes seerias suurtes piirides ja on protsentuaalselt suured.

3.2.4. Kuivade katsekehade pealispinnalt kinnitatud kruvide väljatõmbejõud

Kuivade katsekehade katsed ja analüüs sooritati sama moodi nagu märgadel.

Tabel 17. Kuivade katsekehade pealt kinnitatud kruvi väljatõmbejõud standardhälbe ja variatsioonikordajaga

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (N)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (N)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (N)
0 - 0	794	170	21	490	1099
1 - 3	684	217	32	294	1074
1 - 4	647	102	16	463	830
2 - 3	648	135	21	406	891
2 - 4	626	149	24	359	892
3 - 3	588	136	23	343	832
3 - 4	649	156	24	370	929



Joonis 41. Kuivade katsekehade pealt kinnitatud kruvi väljatõmbejõu keskmiste väärtuste sõltuvus vanandamise perioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise ; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (9).

Joonisel 41(a) on näha märgumise, külmumise ja kuivatuse mõju OSB/3 plaadi kruvi väljatõmbejõule. Pealispinnalt kinnituvate kruvidega oli tarnekuiva väljatõmbejõud 794 N ning pärast esimest ligunemis – kuivatus seeriat kukkus see 684 N peale, mis on 86,1 % algväärtusest ja pärast esimest ligunemis – külmumis – ligunemis – kuivatus seeriat kukkus kruvi väljatõmbejõud 647 N peale, mis on 81,5 % algväärtusest. Suuri languseid siin ei teki ning pärast seda on kruvi väljatõmbejõud suhteliselt ühtlasel tasemel. Leotatud - kuivatatud katsekehadega katsete tulemused jäävad 588 N ja 684 N vahele ning perioodide kaupa on näha tulemuste langemist. Leotatud – külmutatud – leotatud - kuivatatud katsekehadega katsete tulemused jäävad 626 N ja 649 N vahele. Katse tulemused on kõikide seeriade suhtes ühtlased ja suuri kaotusi ei tekkinud. Joonisel 41(b) on välja toodud kuivade katsekehade pealispinnalt kruvi väljatõmbejõu katsetulemuste lähendusfunktsioonid.

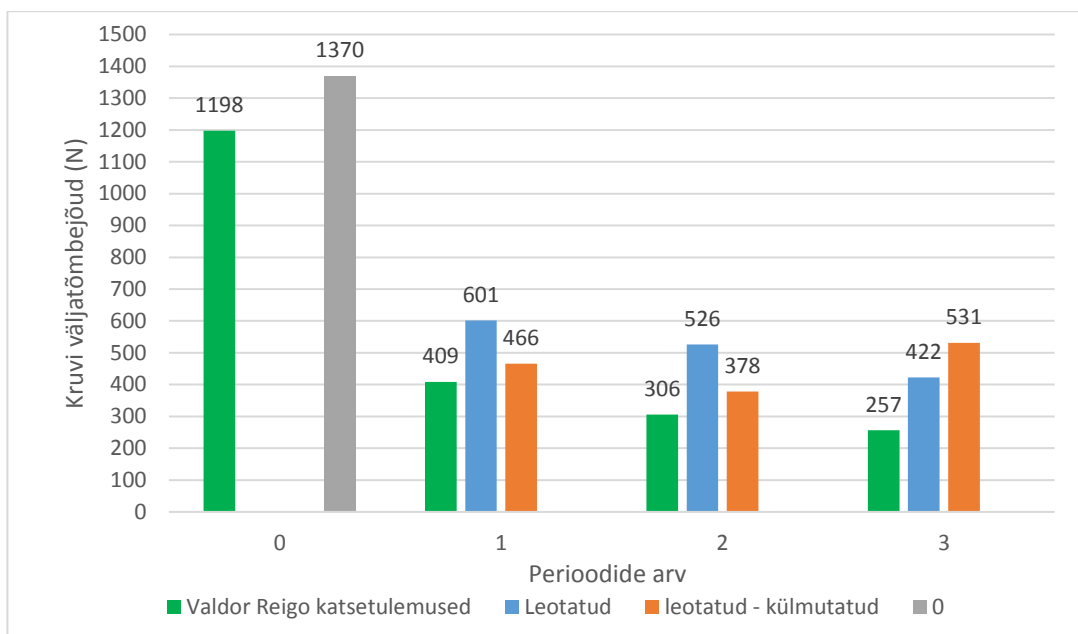
Tabel 17 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis-kuivatus seeriat kaotas katsekehas pealt tõmmatavad kruvid väljatõmbejõust 13,9 % ning pärast esimest külmutusseeriat 18,5 %. Variatsioonikordajad, mida võime vaadelda kui mõõtemääramatust, kõiguvad ühes seerias suurtes piirides ja on protsentuaalselt suured.

3.3. Kruvi väljatõmbe katsete võrdlus Valdor Reigo magistritööga

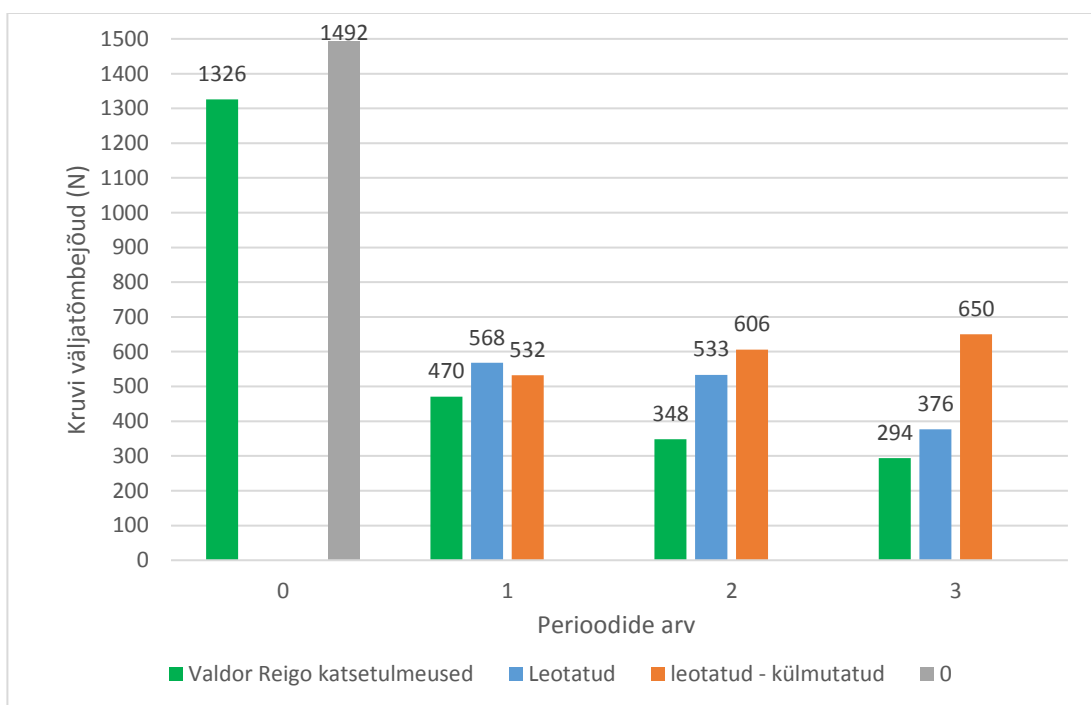
Järgnevas peatükis võrreldi katsetulemusi Valdor Reigo magistritööga [4]. Võrdlemiseks võeti ilma mastiksita tehtud katsetulemused. Servast väljatõmbejõu tulemusi võrreldi laastu orientatsioonist olenevalt ning pealt väljatõmbejõu võrdlusesse võeti arvesse Valdor Reigo uurimustööst ainult pealt tõmmatud katsetulemused. Tulemuste põhjal koostati tulpdiagrammid ning neile lisati illustratsiooniks külmumistsükli katsetulemused.

3.3.1. Kruvi väljatõmbejõu võrdlus märgade katsekehadega, lõikeservast

Jooniste 42 ja 43 järgi võib öelda, et plaadi omaduste muutus oli mõlema uurimustöös sarnane pärast ligunemisperioode. Järgnevate joonistel on Valdor Reigo katsetulemused võetud tema magistritööst [4]. Toimusid märgatavad langused, kohe pärast esimest perioodi ning järgnevatel perioodidel hakkas väljatõmbejõud vähesel määral vähenema.



Joonis 42. Kruvi väljatõmbeid võrdlus märgade katsekehadega, plaadi abitelje sihis.

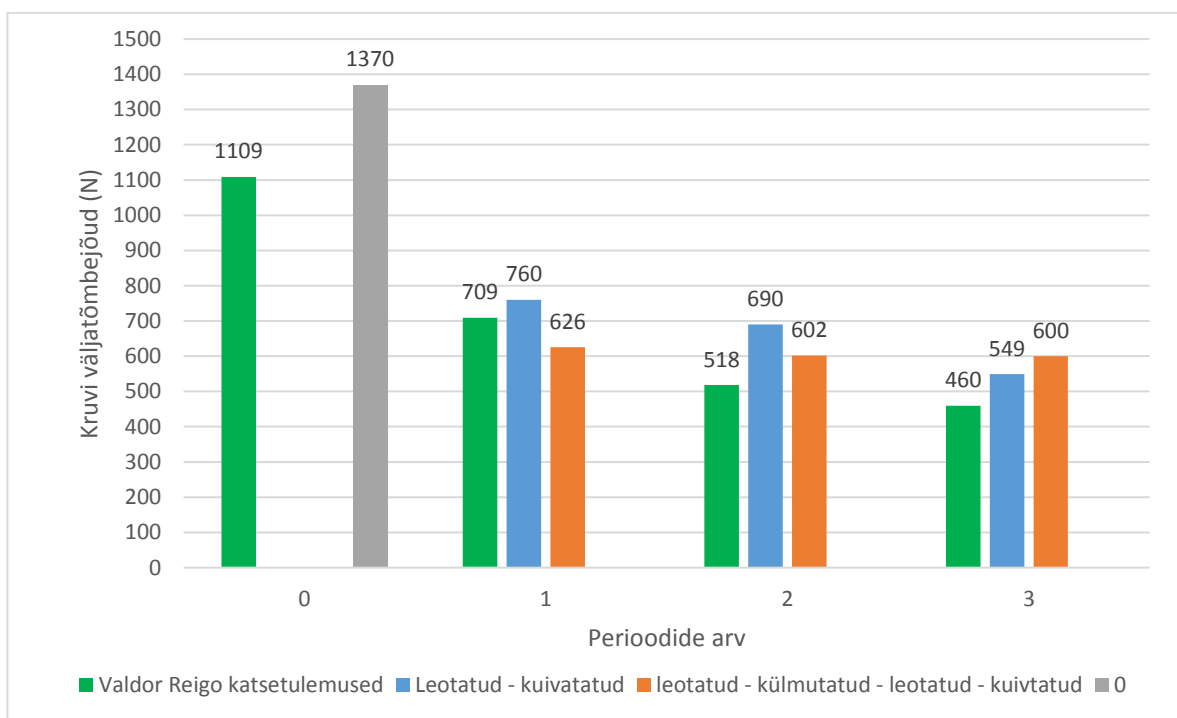


Joonis 43. Kruvi väljatõmbeid võrdlus märgade katsekehadega, plaadi peatelje sihis.

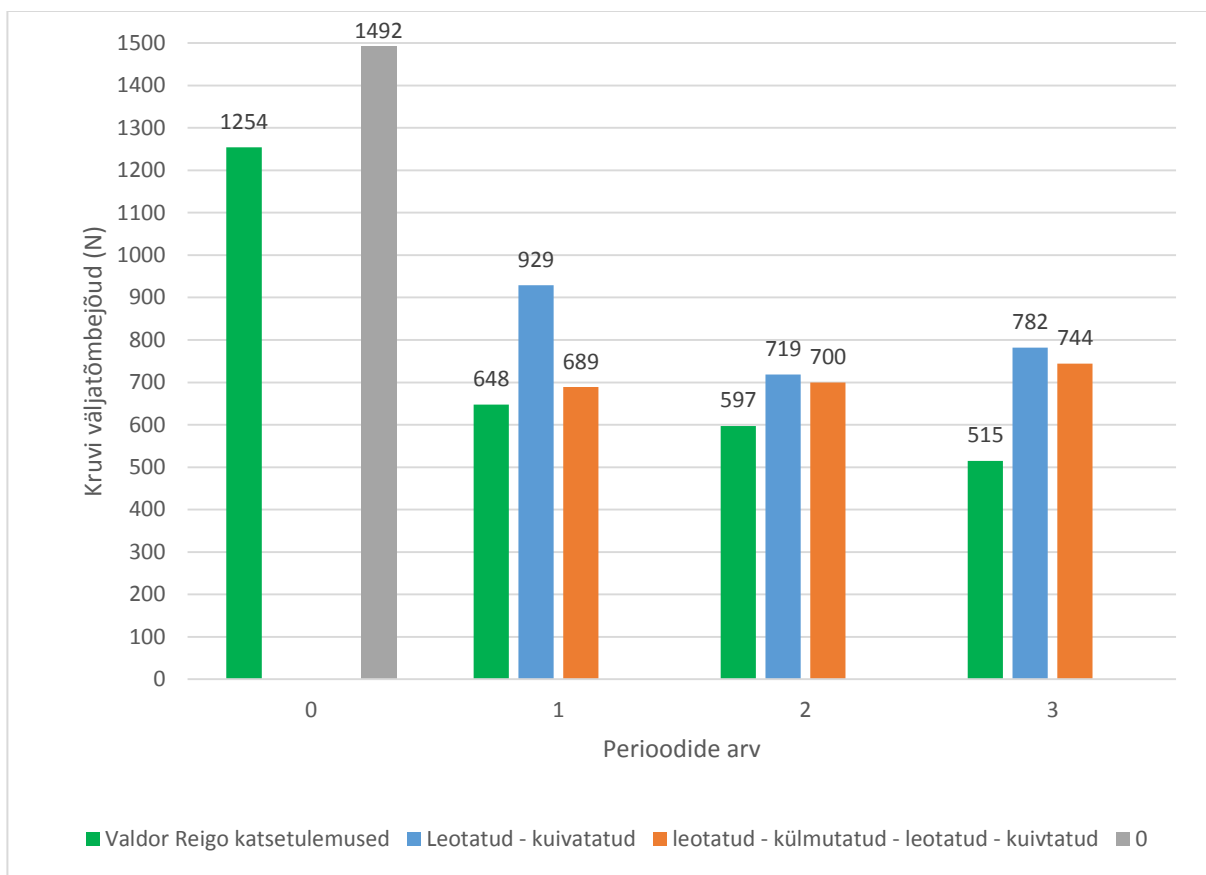
Valdor Reigo magistritöös saadi tulemused, et pärast esimest ligunemisperioodi langeb kruvi kinnitustugevus servast piki laastude orientatsiooni 65,9 % ja risti laastude orientatsiooni 64,5 % [4]. Vastavalt käesolevas uurimustöös saadi katsete tulemuste põhjal, et plaadil kruvi väljatõmbejõud katsekehadel, plaadi abitelje sihis, langeb pärast esimest ligunemisperioodi 56,1 % ja plaadi peatelje sihis 61,9 %. On märgata erinevust olulist erinevust tulemustest, mis tuleneb plaatide ebaühtlasest tihedusest ja ligunemisperioodi pikkusest.

3.3.2. Kruvi väljatõmbejõu võrdlus kuivade katsekehadega, lõikeservast

Jooniste 44 ja 45 järgi võib öelda, et plaadi omaduste muutus oli mõlema uurimustöös sarnane pärast ligunemis – kuivamis perioode. Järgnevate joonistel on Valdor Reigo katsetulemused võetud tema magistritööst [4]. Toimused märgatavad langused, kohe pärast esimest perioodi ning järgnevatel perioodidel hakkas väljatõmbejõud vähenema.



Joonis 44. Kruvi väljatõmbejõu võrdlus kuivade katsekehadega, plaadi abitelje sihis.

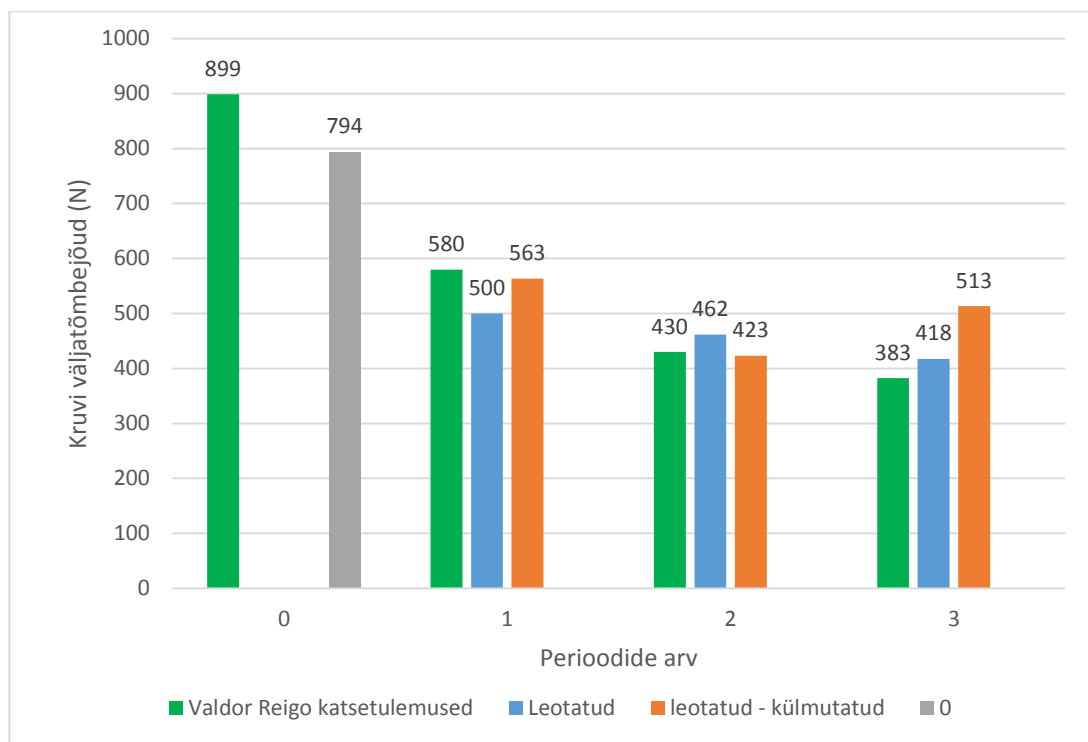


Joonis 45. Kruvi väljatõmbejõu võrdlus kuivade katsekehadega, plaadi peatelje sihis.

Järgnevalt saadi Valdor Reigo magistritöös tulemused, et pärast esimest ligunemis – kuivamis perioodi langeb kruvi kinnitustugevus servast piki laastude orientatsiooni 36,3 % ja risti laastude orientatsiooni 48,4 % [4]. Vastavalt käesolevas uurimustöös saadi katsete tulemuste põhjal, et plaadil kruvi väljatõmbejõud langeb katsekehadel, plaadi abitelje sihis, pärast esimest ligunemisperioodi 44,5 % ja plaadi peatelje sihis 37,7 %. Nendes tulemustes on märgata erinevus, et servast piki kruvi väljatõmbejõud on suurem risti tõmmatud kruvi väljatõmbejõust Valdor Reigo magistritöös, kuid käesolevas uurimustöös saadi vastupidine tulemus. Tulemuste erinevus tuleneb plaatide algsete tulemuste erinevusest, ebaühtlasest tihedusest ja ligunemisperioodi pikkusest.

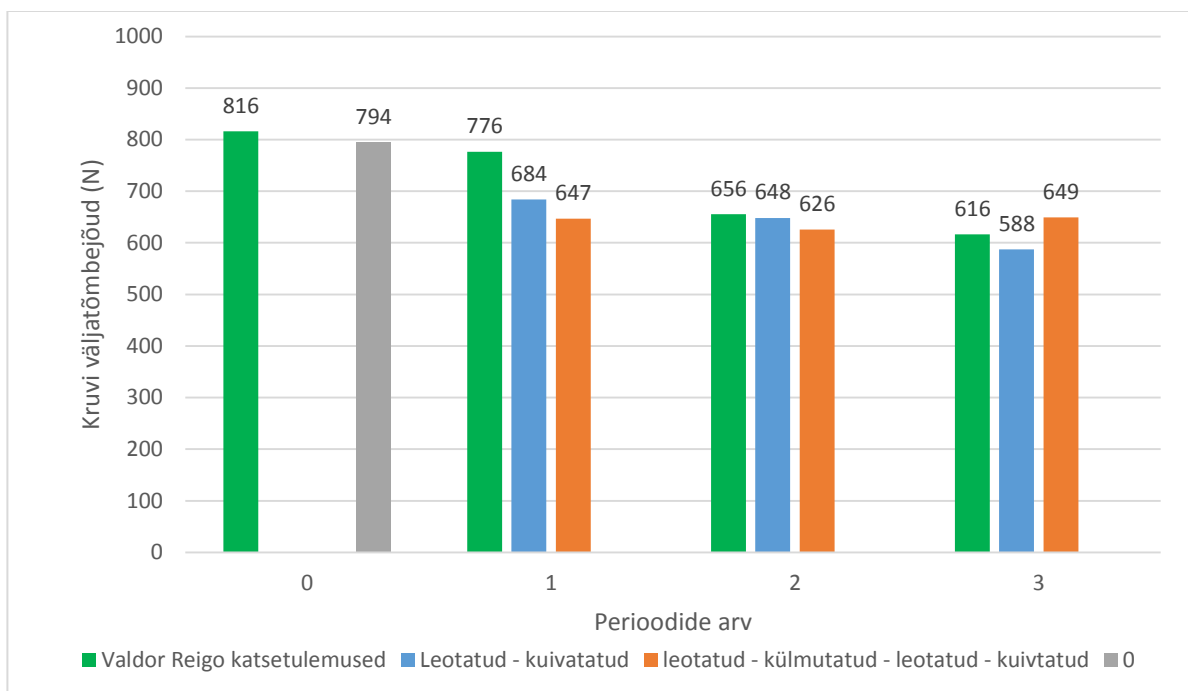
3.3.3. Pealispinnalt katsekehasse kinnitatud kruvi väljatõmbejõu võrdlus märgade ja kuivade katsekehade tulemustega

Jooniste 46 ja 47 järgi võib öelda, et plaadi omaduste muutus oli mõlema uurimustöös sarnane pärast ligunemis- ja ligunemis – kuivamis perioode. Märgade katsekehadega toimusid märgatavad langused kohe pärast esimest perioodi ning järgnevatel perioodidel hakkas väljatõmbejõud vähenema. Kuivade katsekehadega kruvi väljatõmbejõud märgatavalt ei muutunud, kuid hakkas iga perioodiga kahanema vähesel määral.



Joonis 46. Kruvi väljatõmbejõu võrdlus märgade katsekehade, kruvi kinnitatud pealispinnalt.

Pealt kinnituvate kruvide märgade katsekehade tulemuste põhjal saadi järeldus, Valdor Reigo magistris- ja doktoritöös, et pärast esimest ligunemisperioodi langeb kruvi kinnitustugevus pealt 33,5 % [4]. Vastavalt käesolevas uurimustöös saadi katsete tulemuste põhjal, et plaadil langeb kruvi väljatõmbejõud pärast esimest ligunemisperioodi 37,0 %. Järgnevatel perioodidel hakkab kruvi väljatõmbejõud vähesel määral langema mõlemas uurimustöös.



Joonis 47. Kruvi väljatõmbejõu võrdlus kuivade katsekehadega, kruvi kinnitatud pealispinnalt.

Pealispinnalt kinnituvate kruvide kuivade katsekehade tulemuste põhjal järeldati, Valdor Reigo magistritöös, et pärast esimest ligunemis – kuivamis perioodi langeb kruvi kinnitustugevus pealt marginaalselt ei lange [4]. Vastavalt käesolevas uurimustöös saadi katsete tulemuste põhjal, et plaadil langeb pealispinnalt kruvi väljatõmbejõud pärast esimest ligunemisperioodi 13,9 %. Järgnevatel perioodidel hakkab kruvi väljatõmbejõud langema vähesel määral mõlemas uurimustöös.

Tulemuste erinevus tuleneb tarnekuiva katsetulemuste erinevusest ning plaatide ebaühtlasest tihedusest ja ligunemisperioodi pikkusest. Valdor Reigo magistritöös oli ligunemisperioodi pikkuseks 24 tundi aga käesolevas uurimustöös 72 tundi.

3.4. Paksuses pundumise katsetulemuste analüüsimine

Paksuses pundumist arvutati sidesidususes kasutatud katsekehadel kasutades valemit 2. Algpaksuseks võeti nullseeria katsekehadel mõõdetud paksuste aritmeetiline keskmine. Katsekehad jaotati kolme gruppi, katsekehad kruvita, kruviga plaadi abitelje sihis ning kruviga

plaadi peatelje sihis. Igas grupis oli 6 katsekeha, mis läbisid samasugused seeriad ja perioodid. Andmete töötlemine toimus standardi EVS-EN 317:2000 järgi [17]. Tulemustes kasutati ühepoolset t -väärtust $t_n = 1,95$ (tabel 5). OSB/3 plaadile on antud ette kvaliteedinõudeks 15% paksuses pundumist pärast 24 tunnist ligunemisperioodi (tabel 1).

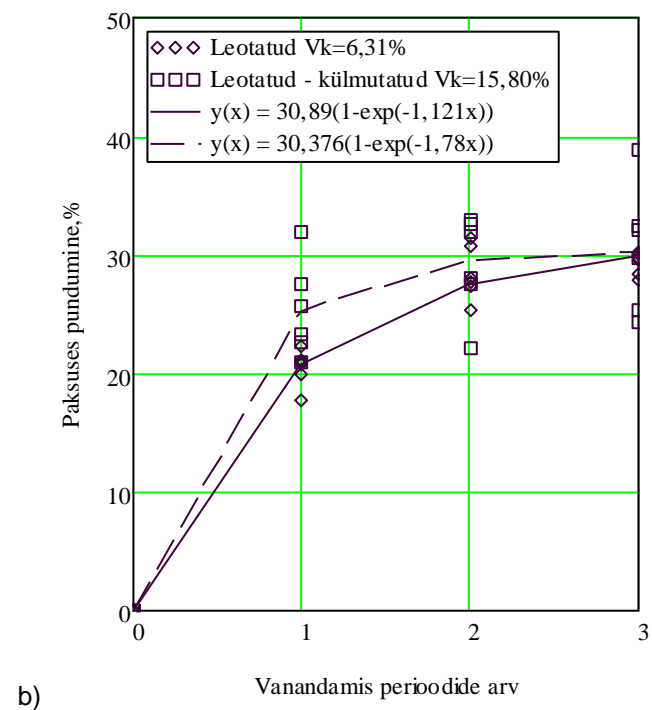
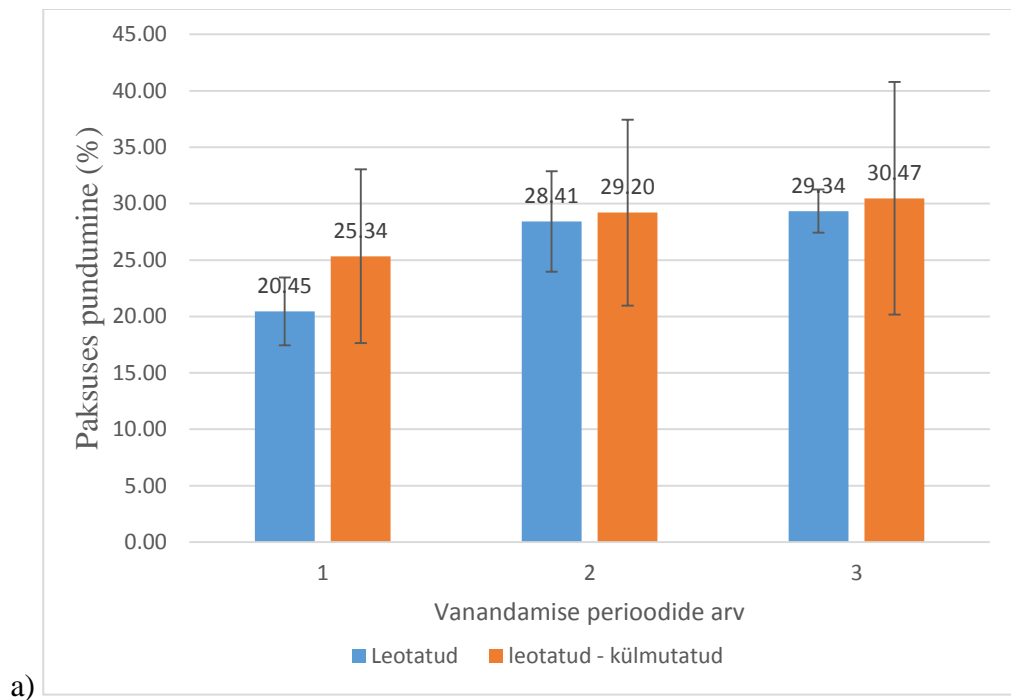
3.4.1. Märgade katsekehade paksuses pundumise katsetulemused

Järgnevalt on tulemused välja toodud koondtabelites märgade katsekehadega (tabel 18), katsekehad, kruviga plaadi abitelje sihis (tabel 19) ning katsekehad, kruviga plaadi peatelje sihis (tabel 20). Tulemuste illustreerimiseks on tabelite põhjal koostatud tulpdiaграмmid (joonis 48a, joonis 49a ja joonis 50a). Nendes on välja toodud igale seeriale paksuse pundumise tulemuste aritmeetiline keskmine ning ülemine- ja alumine 5% kvantiil seeriade kaupa.

Katsetulemuste analüüsimisel leiti, et paksuses pundumine suureneb peaaegu iga perioodiga ning sellest lähtuvalt koostati nende andmete põhjal eksponent funktsioon (10), millega tekitati lähenduskõverad, kus on tähistatud pideva joonega leotatud katsetulemused ning kriipsjoonega on tähistatud leotatud – külmutatud katsetulemused. Lähenduskõverat ei olnud võimalik tekitada leotatud – külmutatud katsekehadele, kruviga abitelje sihis, kunas teise perioodi tulemused vähenesid võrreldes esimesega.

Tabel 18. Märgade katsekehade paksuse pundumine standardhälbe ja variatsioonikordajaga katsekehades

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (%)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsioonikordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (%)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (%)
1 - 1	20.45	1.54	7.53	17.45	23.46
1 - 2	25.34	3.95	15.60	17.63	33.05
2 - 1	28.41	2.29	8.05	23.95	32.87
2 - 2	29.20	4.22	14.45	20.97	37.43
3 - 1	29.34	0.98	3.34	27.43	31.25
3 - 2	30.47	5.29	17.36	20.15	40.78

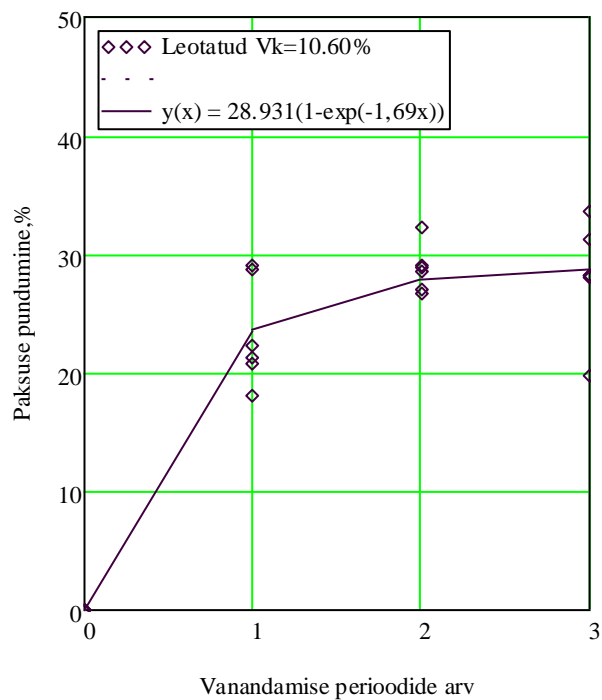
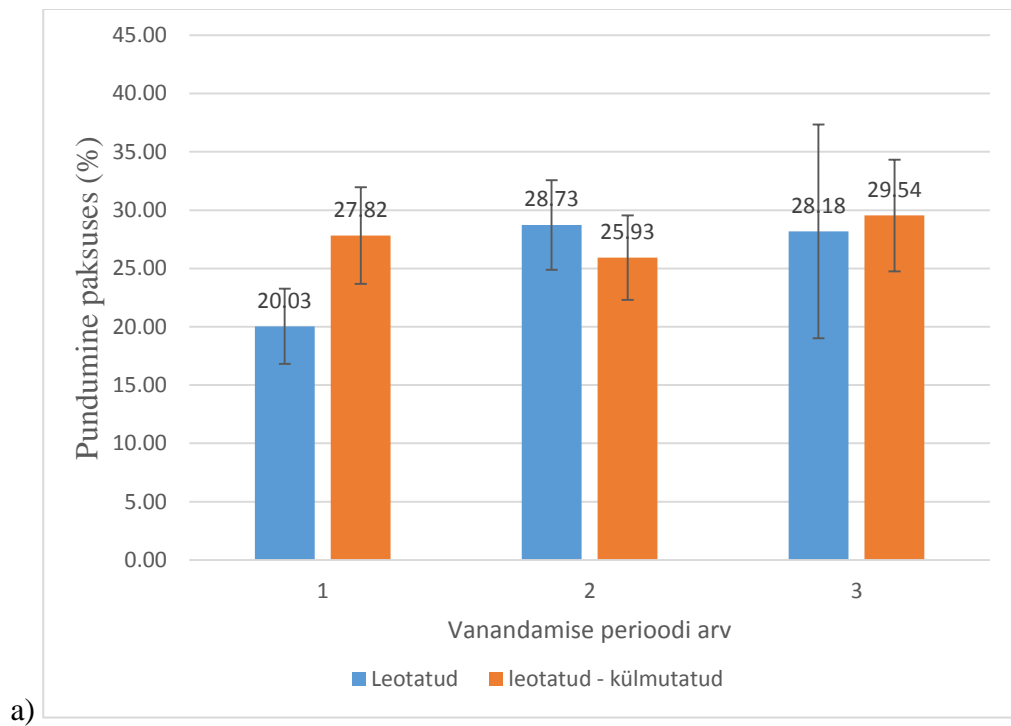


Joonis 48. Märgade katsekehade paksuse pundumine sõltuvalt vanandamisperioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* – lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (10).

Tabel 18 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemisseeriat suurenes katsekehade paksuses pundumine 20,45 % ning pärast esimest külmumisseeriat 25,34 %. Lähenduskõverate graafikult on näha, et pärast esimest perioodi on külmunud katsekehade paksusesse pundumine 4 % suurem kui leotatud. Teiseks perioodiks on see langenud juba 2 % pärast ning kolmandas perioodis on külmunud ja leotatud katsekehade pundumise väärtused stabiliseerunud ja samastunud. Kolmandaks perioodiks on katsekehad paksusesse pundunud umbes 30 %. Leotatud katsekehade korral on esimese ja kolmanda perioodi paksuse pundumise erinevus 9 %, kuid leotatud – külmutatud katsekehadel on 5 %. Kogu katseperioodide jooksul on märgata ainult tõusvat tendentsi nii leotatud kui leotatud – külmutatud katsekehade tulemustes. Kõikide perioodide puhul on märgata leotatud ja leotatud – külmutatud katsekehade variatsioonikordajate suur erinevus.

Tabel 19. Märgade katsekehade paksuse pundumine standardhälbe ja variatsioonikordajaga katsekehades, kruviga plaadi abitelje sihis

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (mm)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni-kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (%)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (%)
1 - 1	20.03	1.66	8.27	16.80	23.26
1 - 2	27.82	2.12	7.64	23.68	31.96
2 - 1	28.73	1.97	6.86	24.88	32.57
2 - 2	25.93	1.86	7.15	22.31	29.55
3 - 1	28.18	4.70	16.66	19.02	37.34
3 - 2	29.54	2.46	8.31	24.76	34.33

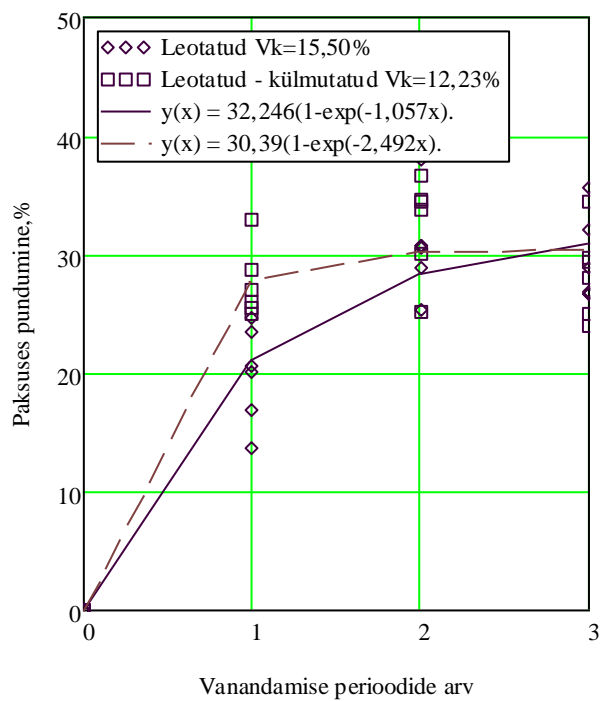
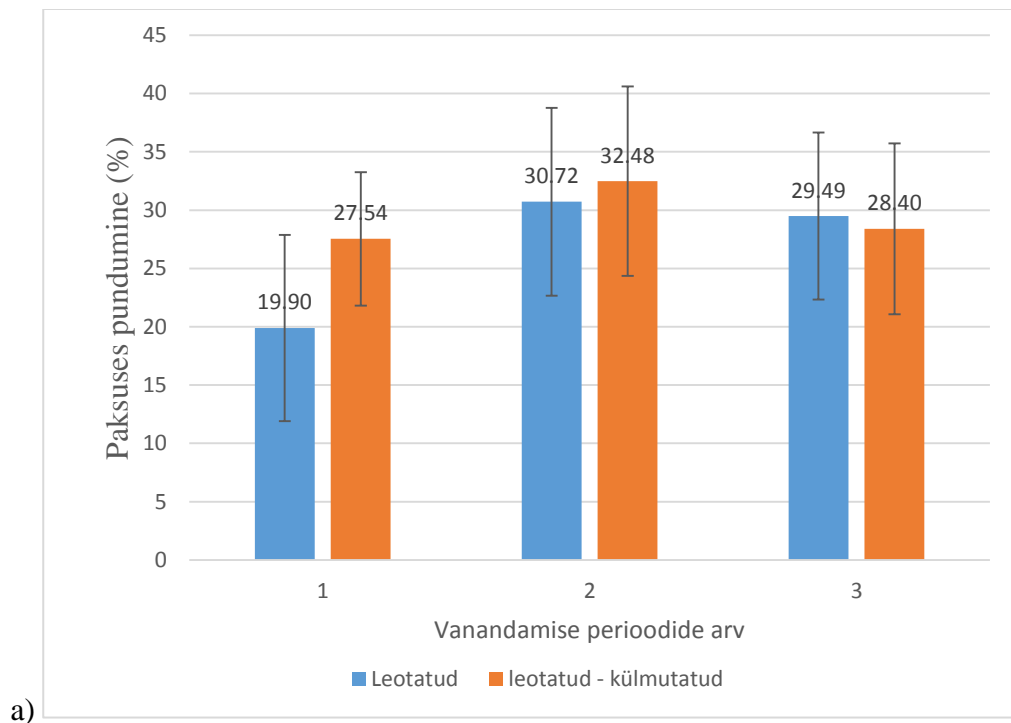


Joonis 49. Märgade katsekehade, kruvi abitelje sihis, paksuse pundumine sõltuvalt vanandamisperioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (10).

Tabel 19 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis perioodi suurenes katsekehade, kruviga plaadi abitelje sihis, paksuses pundumine 20,03% ning pärast esimest külmutusseeriat 27,82 %. Lähenduskõverat polnud võimalik tekitada leotatud – külmutatud katsekehade tulemustega, kunas pärast teist perioodi toimus paksuses pundumise tulemustes langus võrreldes esimese perioodiga. Lähenduskõverate graafikult on näha, et pärast esimest perioodi on leotatud katsekehade pundumine 24,5 %. Teiseks perioodiks on see tõusnud 28 % peale ning kolmandas perioodis on pundumise väärtus 30 %. Kõikide katseperioodide puhul on nähe paksuses pundumise suurenemist, kuid kolmandaks perioodide on selle muutus juba märgatavalt langenud võrreldes eelneva perioodiga. Leotatud – külmutatud katsekehal toimus paksuses pundumise langus pärast testi perioodi, kuid kolmandaks perioodiks saadi tulemuste väärtusteks 2 % suuremad kui esimesel perioodiks. Kõikide perioodide puhul on märgata leotatud ja leotatud – külmutatud katsekehade variatsioonikordajate suur erinevus.

Tabel 20. Märgade katsekehade paksuse pundumine standardhälbe ja variatsioonikordajaga katsekehades, kruviga plaadi peatelje sihis

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (%)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni-kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (%)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (%)
1 - 1	19.90	4.10	20.58	11.91	27.89
1 - 2	27.54	2.93	10.64	21.82	33.25
2 - 1	30.72	4.13	13.43	22.67	38.77
2 - 2	32.48	4.17	12.83	24.35	40.60
3 - 1	29.49	3.68	12.47	22.32	36.67
3 - 2	28.40	3.76	13.23	21.08	35.73



Joonis 50. Märgade katsekehade, kruvi peatelje sihis, paksuse pundumine sõltuvalt vanandamisperioodide arvust: *a* - tulpdiagrammid koos ülemise ja alumise kvantiiliga; *b* - lähendusfunktsioonid koos variatsioonikordajatega vastavalt valemile (10).

Tabel 20 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemisperioodi suurenes katsekehade, kruviga plaadi peatelje sihis, paksuses pundumine 19,90 % ning pärast esimest külmumisseeriat 27,54 %. Lähenduskõverate graafikult on näha, et pärast esimest perioodi on külmunud katsekehade paksusesse pundumine 7 % suurem kui leotatud. Teiseks perioodiks on see langenud juba 2 % peale ning kolmandas perioodis on külmunud ja leotatud katsekehade pundumise väärtused stabiliseerunud ja samastunud. Kolmandaks perioodiks on katsekehad paksusesse pundunud umbes 30 %. Leotatud katsekehade korral on esimese ja kolmanda perioodi paksuse pundumise erinevus 9 %, kuid leotatud – külmutatud katsekehadel on 3 %. Kogu katseperioodide jooksul on märgata ainult tõusvat tendentsi nii leotatud kui leotatud – külmutatud katsekehade tulemustes. Kõikide perioodide puhul on märgata leotatud ja leotatud – külmutatud katsekehade variatsioonikordajate suur erinevus.

Kõikide tulemuste puhul on näha standardis väljatoodud kvaliteedinõudest suuremaid tulemusi (tabel 1). Variatsioonikordajad, mida võime vaadelda kui mõõtemääramatust, kõiguvad ühes seerias suurtes piirides ja on protsentuaalselt suured, välja arvatud katsekehadest kruviga plaadi peatelje sihis.

Paksuses pundumises tulemustes on näha sarnast mustrit kõikide katsekehade korral. Esimese 72 tunnise ligunemistsükliga suureneb paksus umbes 20 % võrra ning esimese külmumistsükli üle 25 %. On näha ka, et külmunud katsekehade pundumine on suurem kui ligunenud. Kruvi olemasolu või orientatsiooni laastude suhtes ei mõjuta paksuses pundumist, vaid kõikide katsekehade paksuses pundumise tulemus on 30 % lähedal. Kolmandaks perioodiks on juba pundumine aeglustunud ja pole märgata suuri muutusi eelneva perioodiga. Plaadi paksuses paisumine oli standardi kvaliteedinõudest 5,45 % suurem lubatust.

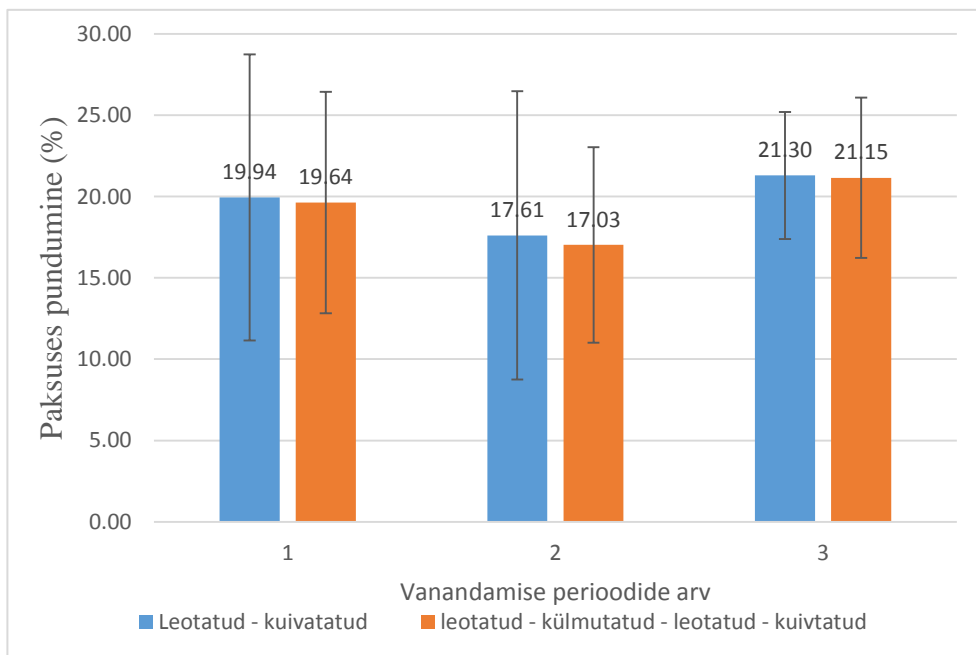
3.4.2. Paksuses pundumise katsetulemused kuivade katsekehadega

Järgnevalt on tulemused välja toodud koondtabelites kuivade katsekehadega (tabel 21), katsekehad, kruviga plaadi abitelje sihis (tabel 22) ning katsekehad, kruviga plaadi peatelje sihis (tabel 23).

Tulemuste illustreerimiseks on tabelite põhjal koostatud tulpdiaграмmid (joonis 51, joonis 52 ja joonis 53). Nendes on välja toodud igale seeriale paksuses pundumise tulemuste aritmeetiline keskmine ning ülemine- ja alumine 5% kvantiil seeriade kaupa. Meie poolt katsetulemuste lähendamiseks pakutud valem (10) rahuldavaid tulemusi siin ei andnud.

Tabel 21. Kuivade katsekehade paksuse pundumine standardhälbe ja variatsioonikordajaga katsekehades

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (%)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni-kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (%)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (%)
1 - 3	19.94	4.51	22.61	11.15	28.74
1 - 4	19.64	3.49	17.78	12.83	26.44
2 - 3	17.61	4.54	25.80	8.75	26.47
2 - 4	17.03	3.08	18.10	11.02	23.04
3 - 3	21.30	2.01	9.41	17.39	25.21
3 - 4	21.15	2.53	11.95	16.22	26.08

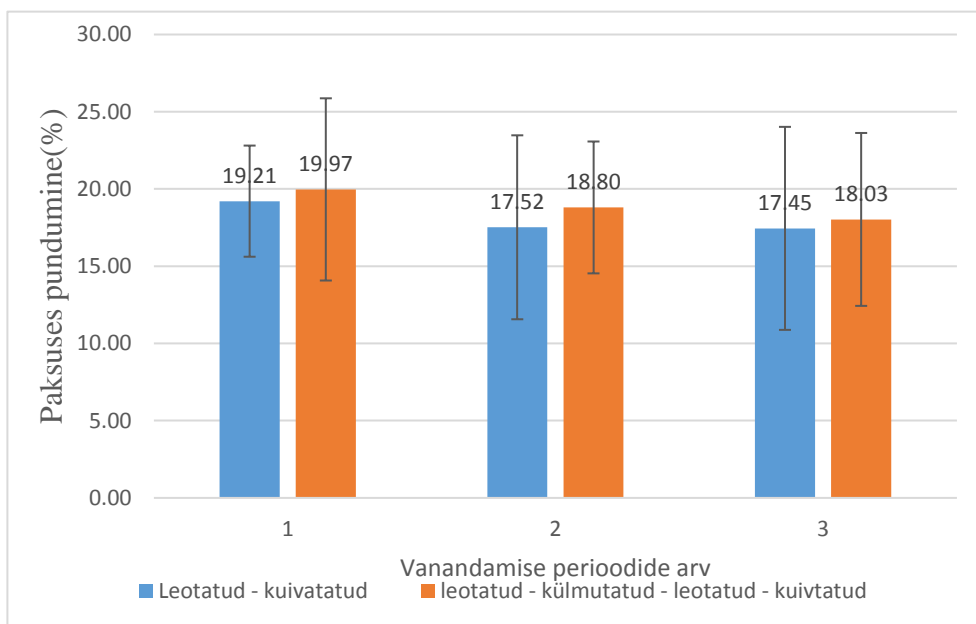


Joonis 51. Kuivade proovikehadega paksuse pundumine sõltuvalt vanandamisperioodide arvust.

Tabel 21 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis – kuivamis seeriat suurenes katsekehade paksuses pundumine 19,94 % ning pärast esimest leotamis – külmumis – leotamis – kuivatamis seeriat 19,64 %. Diagrammilt (joonis 51) on märgata, et teisel perioodil toimus kõigi katsekehade tulemustes 2 % langus. Kolmandaks perioodi tõuseb paksuses pundumine 21 % peale.

Tabel 22. Kuivade katsekehade paksuse pundumine standardhälbe ja variatsioonikordajaga katsekehades, kruviga plaadi abitelje sihis

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (%)	Standardhälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni-kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (%)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (%)
1 - 3	19.21	1.85	9.60	15.61	22.81
1 - 4	19.97	3.02	15.15	14.07	25.87
2 - 3	17.52	3.05	17.43	11.57	23.47
2 - 4	18.80	2.19	11.64	14.54	23.07
3 - 3	17.45	3.37	19.31	10.88	24.02
3 - 4	18.03	2.87	15.92	12.43	23.63

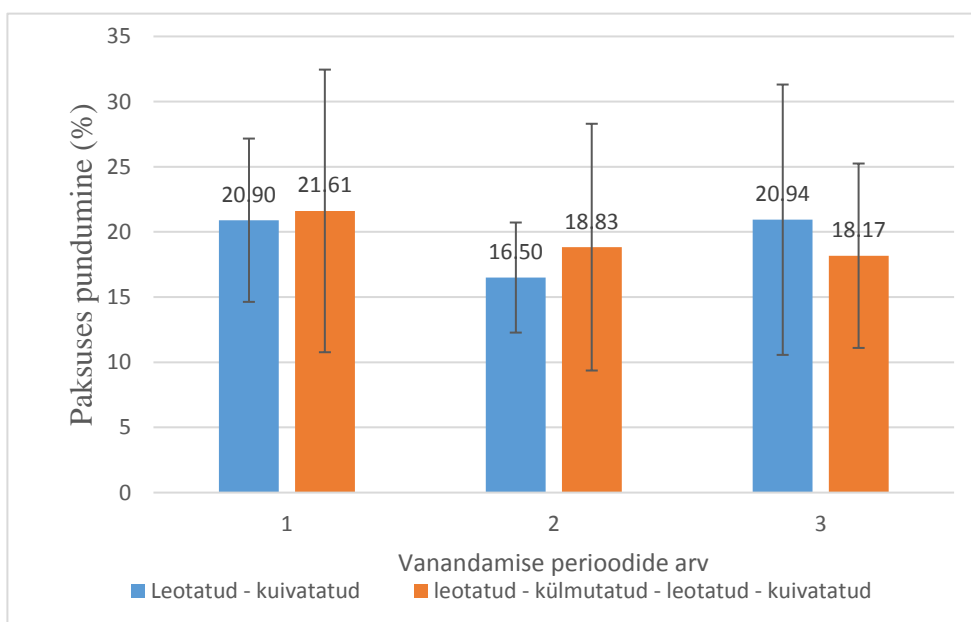


Joonis 52. Kuivade katsekehadega, kruviga plaadi abitelje sihis, paksuse pundumine sõltuvalt vanandamisperioodide arvust.

Tabel 22 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis – kuivamis seariat suurenes katsekehade paksuses pundumine 19,21 % ning pärast esimest leotamis – külmumis – leotamis – kuivatamis seariat 19,97 %.. Diagrammilt (joonis 52) on märgata, et teisel perioodil toimus kõigi katsekehade tulemustes 2 % langus ning kolmandal perioodil langevad leotatud – kuivatatud tulemused 17,45 % peale ning leotatud – külmutatud – leotatud – kuivatatud tulemused 18,09 % peale.

Tabel 23. Märgade katsekehade paksuse pundumine standardhälbe ja variatsioonikordajaga katsekehades, kruviga plaadi peatelje sihis

Seeria nr	Aritmeetiline keskmine, \bar{x} (%)	Standard hälve, $S_{w,j}$	Variatsiooni-kordaja, V (%)	Alumine kvantiil, $L_{5\%}^q$ (%)	Ülemine kvantiil, $U_{5\%}^q$ (%)
1 - 3	20.90	3.21	15.37	14.63	27.16
1 - 4	21.61	5.56	25.72	10.77	32.45
2 - 3	16.50	2.17	13.13	12.28	20.72
2 - 4	18.83	4.85	25.77	9.37	28.30
3 - 3	20.94	5.32	25.40	10.57	31.31
3 - 4	18.17	3.63	19.96	11.10	25.25



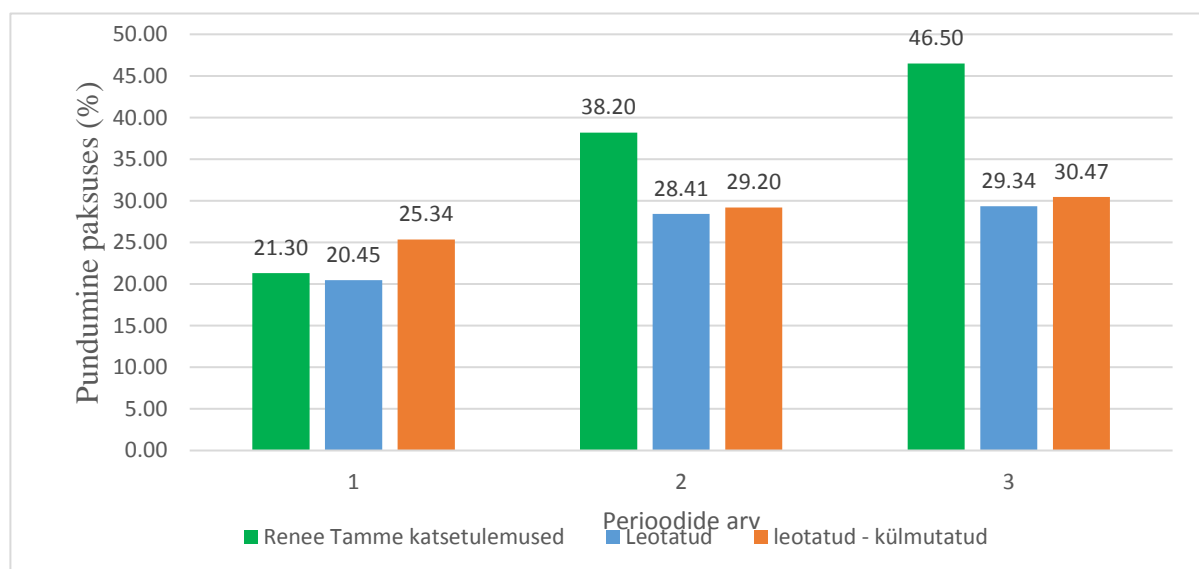
Joonis 53. Kuivade katsekehadega, kruviga plaadi abitelje sihis, paksuse pundumine sõltuvalt vanandamisperioodide arvust.

Tabel 23 põhjal võib öelda, et pärast esimest ligunemis – kuivamis seeriat suurenes katsekehade paksuses pundumine 20,90 % ning pärast esimest leotamis – külmumis – leotamis – kuivatamis seeriat 21,61 %. Diagrammilt (joonis 53) on märgata, et teisel perioodil toimus kõigi katsekehade tulemustes langus, kuid kolmandal perioodil tõusid leotatud – kuivatatud tulemused 20,94 % peale ning leotatud – külmutatud – leotatud – kuivatatud tulemused langesid 18,17 % peale.

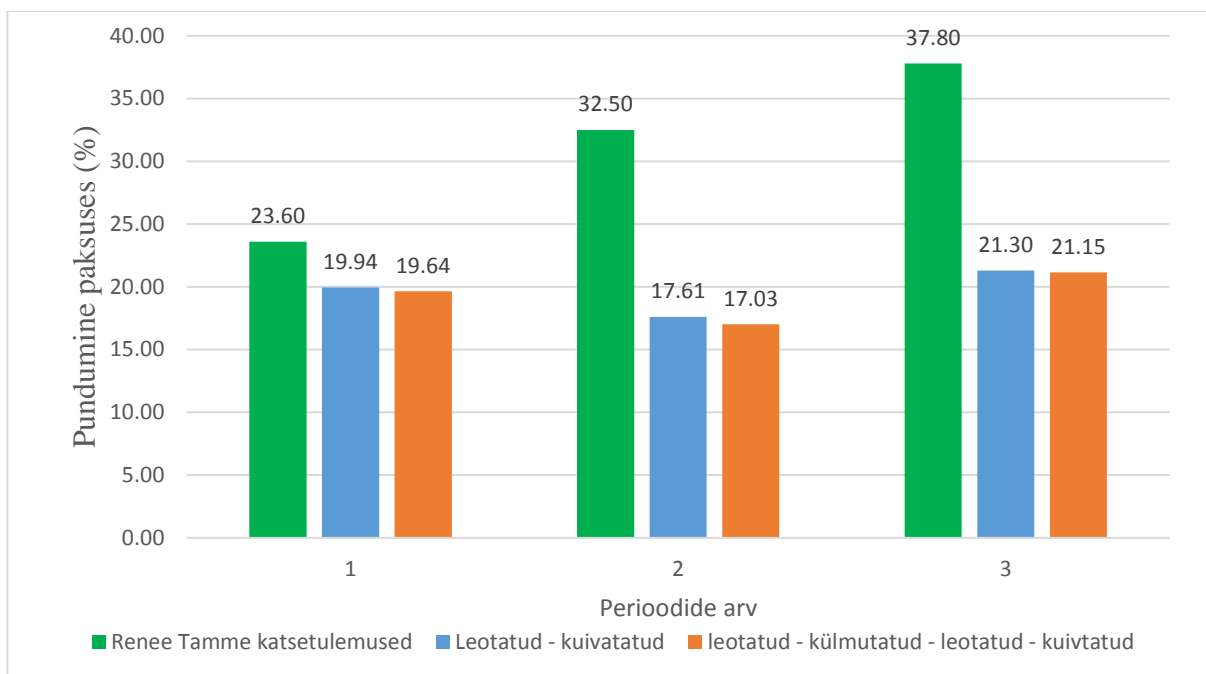
Diagrammidelt on näha, et kuivatatud katsekehade pundumine jäi 16 – 21 % vahele. Kruvi olemasolu või orientatsioon laastude suhtes ei mõjuta paksuses pundumist. Külmumistsükkel ei mõjuta marginaalselt paksuses pundumist. Teise perioodi tulemused on kõikidel juhtudel madalamad esimese perioodi tulemustest. Variatsioonikordajad, mida võime vaadelda kui mõõtemääramatust, mis kõiguvad ühes seerias suurtes piirides ja on protsentuaalselt suured.

3.4.3. Paksuses pundumise katsetulemuste võrdlus Renee Tamm magistritööga

Järgnevas peatükis võrreldi katsetulemusi Renee Tamm magistritööga [7]. Järgnevatel joonistel on Renee Tamme katsetulemused võetud tema magistritööst. Tulemuste põhjal koostati tulpdiagrammid ning neile lisati illustratsiooniks külmumistsükli tulemused.



Joonis 54. Märjade katsekehade paksuse pundumise sõltuvalt vanandamisperioodide arvust, võrdlus Renee Tamme katsetulemustega.



Joonis 55. Kuivade katsekehade paksuse pundumise sõltuvalt vanandamisperioodide arvust, võrdlus Renee Tamme katsetulemustega.

Tulemuste võrdlusel Renee Tamm magistritööga on näha selge erinevus teises ja kolmandas perioodis. Esimene perioodi ligunemistsükli tulemused erinevad 4 %, kuid kolmanda perioodi tulemused juba 36,9 %. Märkade katsekehade puhul suureneb selles magistritöös paksusesse pundumine kolmandaks perioodiks 42,5 % aga Renee magistritöös 118,3 % võrreldes vastava esimene perioodi tulemusega.

Kuivade katsekehade puhul erineb Renee Tamme magistritöö tulemustega esimene ligunemisperiood 15,5 % ning kolmas periood 43,7 %. Kuivade katsekehade puhul suureneb selles magistritöös paksusesse pundumine kolmandaks perioodiks 6,8 % aga Renee magistritöös 60,2 % võrreldes vastava esimese perioodi tulemustega.

Esimese perioodi erinevus tuli ligunemisperioodi pikkusest, hüdroisolatsioonmastiksi kasutamisest ja plaadi ebaühtlasest tihedusest. Järgnevatel perioodide erinemisel on oluline külmumistsükkel.

KOKKUVÕTE

Käesolevas magistritöös uuriti OSB/3 plaadi sisesidusust, kruvi väljatõmbejõudu ja paksuses pundumist vähese arvu vanandamise perioodide tõttu. Sisesidusust uuriti lisaks kruviga katsekehadega. Kruvi väljatõmbejõudu uuriti plaadi pealispinnalt ja servast ning seda võrreldi Valdor Reigo 2018. aastal koostatud magistritööga. Paksuses pundumist mõõdeti sisesidususes kasutatud katsekehadel ning võrreldi Renee Tamme 2018. aastal koostatud magistritöö tulemustega.

Sisesidususe katsetulemustest selgus, et kruvi olemasolu mõjutab plaadi sisesidusust. Tarnekuiva sisesidusus katsekehadel oli 42 % suurem katsekehadel kruviga, plaadi abitelje sihis, ning 22 % suurem kui plaadi peatelje sihis. Sisesidusus langes katsekehadel pärast esimest ligunemistsükli 69 %, katsekehadel, kruviga plaadi abitelje sihis 56 % ning kruviga plaadi peatelje sihis 67 % võrreldes tarnekuivaga. Pärast esimest ligunemis – külmumistsükli kaotasid katsekehad 74 % algsest ristisuunalisest tõmbetugevusest. Katsekehad, kruvidega plaadi abitelje sihis ja peatelje sihis, kaotasid sisesidususest vastavalt 59 % ja 74 % võrreldes tarnekuivaga. Tulemused pärast ligunemis ja ligunemis – külmumis tsükli märgatavalt ei erinevad, kuid külmunud katsekehade tulemused olid madalamad leotatud katsekehade tulemustest. Pärast esimest perioodi langes sisesidusus kõigis katsekehadest samale tasemele, kuid languse suurus võrreldes tarnekuivaga oli erinev. Märjade katsekehade puhul oli sisesidususe langus kõige väiksem katsekehadel, plaadi abitelje sihis, kuna nende katsetulemused tarnekuivaga olid madalaimad. Kuivade katsekehade tulemustest selgus, et tarnekuivaga võrreldes langeb ligunemis – külmumis – kuivamis perioodiga katsekehade sisesidusus 61 %, kruviga, plaadi abitelje sihis 47 % ning kruviga, plaadi peatelje sihis 67 %. Ristisuunaline tõmbetugevus pärast ligunemis – külmumis – ligunemis – kuivamis tsükli kaotasid katsekehad 58 %, katsekehadel, plaadi abitelje sihis 44 % ja plaadi peatelje sihis 69%. Kuivatatud katsekehade tulemustest on selgelt näha, et katsekehad mis läbisid külmumistsükli,

nende sisesidusus on kõrgem kui ainult leotatud – kuivatatud katsekehadel. Kuivade katsekehade tulemused on 22 % suuremad kui katsekehadel, plaadi abitelje sihis ning katsekehadest, plaadi peatelje sihis 35 %. Kuivade katsekehade tulemused olid märgatavalt suuremad kui märgade katsekehade tulemused. Kolmanda vananemisperioodi (ligunemine – külmumine – ligunemine – kuivamine) olid kõikidel katsekehadel tulemused ühtlustunud. Kõikide tulemuste puhul oli variatsioonikordaja, mida vaadeldi kui mõõtemääramatust, kõikumine suur.

Katsekeha serva kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemustest selgus, et tarnekuivast katsekehadel, plaadi abitelje sihis, kruvi väljatõmbe jõud on 8,2 % väiksem kui katsekehadel, plaadi peatelje sihis. Pärast esimest ligunemistsüklit kaotab katsekehad, plaadi abitelje sihis, 56,1 % väljatõmbe jõust ning plaadi peatelje sihis 61,9 % tarnekuivaga võrreldes. Ligunemis – külmumis tsükli käigus kaotasid katsekehad, plaadi abitelje sihis, 66,0 % ning plaadi peatelje sihis 64,3 %. Servast kruvi väljatõmbamisel oli märgata selge langus tulemustes pärast igat leotamis tsüklit tehtud katsetel. Külmunud katsekehadest tõmmatud kruvide väljatõmbe jõud oli suurem katsekehadel, plaadi peatelje sihis. Kruvi väljatõmbe jõu langus oli väiksem plaadi abitelje sihis lõigatud katsekehadel. Kuivade katsekehade tulemustest selgus, et tarnekuivaga võrreldes langeb ligunemis – külmumis – kuivamis perioodiga servast katsekehadest, plaadi abitelje sihis, tõmmatud kruvide väljatõmbe jõud 44,5 % ning katplaadi peatelje sihis 37,7 %. Väljatõmbe jõud pärast ligunemis – külmumis – ligunemis – kuivamis tsüklit kaotasid katsekehad, plaadi abitelje sihis, 54,3 % ja plaadi peatelje sihis 53,8%. Kuivatatud katsekehade tulemustest on selgelt näha, et katsekehad, mis läbisid külmumistsükli, nende kruvi väljatõmbe jõud on ühtlane kõikide perioodide jooksul ning on madalam leotatud – kuivatatud katsekehade tulemustest. Kuivade katsekehad, plaadi abitelje sihis, tulemused on 8,2 % suuremad kui katsekehadel, plaadi peatelje sihis,. Kuivade katsekehade tulemused olid märgatavalt suuremad kui märgade katsekehade tulemused. Kolmanda perioodi lõpuks oli märgade katsekehade puhul külmutusest läbi käinud katsekehade tulemused suuremad kui ainult leotatud. Kuivade katsekehade puhul oli kolmanda perioodi lõpuks ühtlustunud külmutatud ja mitte külmutatud katsekehade tulemused. Katsetulemuste puhul oli variatsioonikordaja, mida vaadeldi kui mõõtemääramatust, kõikumine suur.

Pealt kastekehasse kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemustest selgus, et pärast esimest ligunemistsükli väheneb kruvi väljatõmbe jõud 37,0 % kruvi väljatõmbe jõust ning pärast esimest külmumistsükli 29,1 %. Leotatud katsekehade puhul on näha kruvi väljatõmbe jõu languse trend. Kuivade kastekehade tulemustest selgus, et katsekeha kaotab 13,9 % kruvi väljatõmbe jõust pärast esimest ligunemistsükli ning 18,5 % pärast esimest ligunemise – külmumise tsükli. Leotatud – kuivatatud katsekehade puhul on näha kruvi väljatõmbe jõu languse trend vananemisperioodide arvu suurenemisel. Leotatud – külmutatud – leotatud – kuivatatud kastekehade kruvi väljatõmbe jõud ei muutunud märgatavalt kolme vananemisperioodi jooksul.

Katsekeha paksuse pundumise tulemustest selgus, et pärast esimest ligunemise- ja külmumistsükli suurenes katsekehade paksus märgatavalt. Pärast esimest 72 tunnist ligunemisperioodi suurenes paksuse pundumine 20 % ning pärast esimest külmumistsükli 25 – 27 %. Tulemustest oli näha, et kruvi orientatsioon või olemasolu ei mõjuta paksusesse pundumist. Iga perioodiga suurenes paksusesse pundumine, kuid muutus eelneva perioodiga polnud suur. Külmunud katsekehade paksusesse pundumine oli suurem kui ligunenud katsekehad. Pärast kuivatustsükli katsetatud katsekehade tulemused jäid 20% juurde. Erinevatel tsüklitel ei esinenud suuri erinevusi, kuid kõikide katsekehade puhul oli märgata, et teisel perioodil katsetatud katsekehade tulemused vähenesid võrreldes esimese perioodiga. Mõõtetulemuste variatsioonikordajate kõikumine oli suur. Paksusesse pundumise võrdluse Renee Tamm magistritööga oli näha erinevus, et tema tulemustes toimus märgatav kasvamine kolmanda perioodini nii märgade kui kuivadel katsekehadel, kui käesolevas magistritöös pidurdus paksusesse pundumise suurenemine juba pärast esimest perioodi.

Katsetulemuste kirjeldamiseks andis murdlineaarne funktsioon rahuldavad tulemused nii sisesidususe kui kruvi väljatõmbe jõu osas ning nende abil on võimalik leida järgnevate seeriade arvutuslikke tulemusi. Paksusesse pundumise jaoks kasutati eksponent funktsiooni, mis andis rahuldavad tulemused märgade katsekehade kohta.

Kolmekordse vananemisperioodide katsete põhjal võib öelda, et kõige enam mõjutas OSB/3 plaadi füüsikalisi- ja mehaanilisi omadusi esimene 72-tunnine ligunemisperiood. Pärast seda langes sisesidusus alates 56 % - 69 % ning kruvi väljatõmbejõud alates 37,0 % - 61,9 %. Need omadused kukkusid kuivadel kastekehadel sisesidususel alates 47% - 67 % ning kruvi väljatõmbejõul 13,9 % - 44,5 %. Pärast esimest ligunemist uuriti omadused hakkasid ühtlustuma või siis osaliselt langema perioodide arvu suurenemisel. Kruvi väljatõmbejõudu võrreldes Valdor Reigo magistritööga sarnanesid kruvi väljatõmbejõud katsekehade pealt ja servast. Paksusesse pundumine ei olene kruvi olemasolust ning märgade katsekehade puhul toimus suurenemine iga perioodiga. Renee Tamme magistritööga võrreldes oli paksusesse pundumises näha erinevused pärast esimest perioodi, kui käesolevas magistritöös pundumise suurenemine aeglustus märgatavalt. Lõpuks võib järeldada, et OSB/3 omadused olenevad suuresti tootjast ja kasutatud puidust ning tänu plaadi heterogeensele on tugevusnäitajad väga erinevad plaadi lõikes.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **GRIGGIO koduleht.** [veebileht] <http://www.griggio.com/en/products/panel-saws/sc-32/> (vaadatud 18.05.2019)
2. **EVS-EN 326-1:2002.** (2002). Puitplaadid: Proovivõtt, lõikamine ja kontroll. Osa 1: Proovivõtt, katsekehade lõikamine ja katsetulemuste väljendamine. Tallinn: Eesti Standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-326-1-2002> (vaadatud, 18.05.2019)
3. **EVS-EN 320:2011.** Puitlaastplaadid ja puitkiudplaadid. Kruvide teljesuunalise väljatõmbe vastupanu määramine. Tallinn, Standardikeskus, 2011. [veebileht] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-320-2011> (vaadatud 18.05.2019)
4. **Valdor, Reigo.** (2018). OSB/3 plaadi kruvi kinnitustugevuse uutumine ligunemis- ja kuivamisperioodide tõttu. Eesti Maaülikool metsandus- ja maaehitusinstituut, Tartu. lk 89. [veebileht] <http://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/4251> (vaadatud 18.05.2019)
5. **EVS-EN 319:2000.** (2000) Puitlaastplaadid ja puitplaatidid plaadi pinnaga ristisuunalise tõmbetugevuse määramine. Tallinn, Standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-319-2000> (vaadatud, 18.05.2019)
6. **Dimitri Šumigin.** (2009) Puitlaastplaadid. Tallinn, Tallinna tehnika ülikool. lk 51. [veebileht] http://www.kk.ttu.ee/puit/Puitlaastplaatide_konspekt_final.pdf (vaadatud 18.05.2019)
7. **Renee, Tamm.** (2018). OSB/3 plaadi füüsikaliste ja mehaaniliste karakteristikute muutumine korduvate ligunemis- ja kuivamisperioodide tõttu. Eesti Maaülikool metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. lk 157. [veebileht] <http://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/4230> (vaadatud 18.05.2019)

8. **Kallau, Siim.** (2014). OSB-plaadi ligunemise ja väljakuivamise tsüklite arvu mõju mehaanilistele ja füüsikalistele omadustele. Magistritöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. lk 97. [veebileht]
https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/1774/Siim_Kallau_MA2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y (vaadatud 18.05.2019)
9. **Leppik, Taimo.** (2019). Orienteeritud kihtidega OSB plaadi füüsikalise-mehaaniliste omaduste muutumuste uurimine väikese arvu (6) vananemise perioodide tõttu. Tartu. (kavandatud magistritöö)
10. **EVS-EN 300:2006.** (2006) Orienteeritud kihtidega plaadid (OSB) – Määratlused, liigitus ja spetsifikatsioonid. Tallinn, Standardikeskus. (inglise keeles) [veebileht]
<https://www.evs.ee/tooted/evs-en-300-2006> (vaadatud 18.05.2019)
11. **Virchenko, N. A., Lyashko, L. L., Shvetsov, K. I.** (1979). Käsiraamat: Funktsioonide graafikud. Kyev: Naukova Dumka. lk 320. (vene keeles)
12. **Semple E. K., Smith D. G.** (2006) Prediction of internal bond strength in particleboard from screw withdrawal resistance models. Wood and fiber Science, 38(2), Canada, lk. 256-267. (inglise keeles) [veebileht]
https://www.researchgate.net/publication/279893507_Prediction_of_internal_bond_strength_in_particleboard_from_screw_withdrawal_resistance_models (vaadatud 18.05.2019)
13. **Toimivusdeklaratsioon.** (2011) Deklaracja właściwości użytkowych (DOP) KPL_OSB/3_CPR007 EE. [veebileht] <https://www.swisskrono.pl/Pobierz/Certyfikaty> (vaadatud 18.05.2019)
14. **INSTRON koduleht.** [veebileht] <https://www.instron.co.uk/en-gb/products/testing-systems/universal-testing-systems/electromechanical/3300/3360-dual-column> (vaadatud 18.05.2019)
15. **BOSCH koduleht.** [veebileht] https://www.bosch-do-it.com/ee/et/isetegemine/toeoriistad/pbd-40-3165140569187-199903.jsp#tab_technical (vaadatud 18.05.2019)

16. **RAPID koduleht.** [veebileht] https://www.rapid.com/en-gw/products/rapid-pro-eg360-pro-industrial-glue-gun_5000328 (vaadatud 18.05.2019)
17. **EVS-EN 317:2000.** (2000) Puitlaastplaadid ja puitkiudplaadid. Pundumise määramine paksuses pärast leotamist. [veebileht] <https://www.evs.ee/tooted/evs-en-317-2000> (vaadatud 18.05.2019)
18. **European panel federation (EPF).** [veebileht] <https://europanel.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact/oriented-strand-board/> (vaadatud 18.05.2019)
19. **Mantanis, I. G., Athanassiadou, Th. E., Barbu, C. M., Wijnendaele, K.** (2017). Adhesive systems used in the European particleboard, MDF and OSB industries, Wood Material Science & Engineering. lk 13 (inglise keeles) [veebileht] https://www.academia.edu/35099592/Adhesive_systems_used_in_the_European_particleboard_MDF_and_OSB_industries (vaadatud 18.05.2019)
20. **Plenzler, R., Niewiadomska, L. L., Strzelecki, P.** (2016) Elastic and strength properties of OSB layers. *Drvna industrija* 68 (1). lk 3-9 (inglise keeles) [veebileht] https://www.researchgate.net/publication/315931395_Elastic_and_Strength_Properties_of_OSB_Layers (vaadatud 18.05.2019)
21. **Derkowski, A., Mirski, R., Dziurka, D., Popyk, W.** (2014) Possibility of using accelerated aging tests to assess the performance of OSBs exposed to environmental conditions. "Lab & field OSB tests," *BioResources* 9(2), lk 3536-3549. (inglise keeles) [veebileht] https://www.researchgate.net/publication/269859761_Possibility_of_Using_Accelerated_Aging_Tests_to_Assess_the_Performance_of_OSBs_Exposed_to_Environmental_Conditions (vaadatud 18.05.2019)

LISAD

Lisa 1. Sisesidususe katseperioodi 0 – 0 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
K0-0-1	50.4	50.43	11.396	0.54	
K0-0-2	50.46	50.45	11.198	0.55	
K0-0-3	50.56	50.4	11.368	0.67	
K0-0-4	50.74	50.49	11.377	0.61	
K0-0-5	50.46	50.44	11.442	0.60	
K0-0-6	50.57	50.47	11.333	0.55	

Lisa 2. Sisesidususe katseperioodi 1 – 1 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
K1-1-1	50.97	50.83	13.615	0.13	
K1-1-2	50.8	50.67	13.711	0.19	
K1-1-3	51.09	50.76	13.724	0.24	
K1-1-4	51.12	50.68	13.362	0.21	
K1-1-5	51.03	50.67	13.877	0.15	
K1-1-6	50.95	50.74	13.757	0.12	

Lisa 3. Sisesidususe katseperioodi 1 – 2 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
K1-2-1	50.77	50.65	13.93	0.14	
K1-2-2	50.78	50.84	13.732	0.21	
K1-2-3	51.03	50.74	14.483	0.11	
K1-2-4	50.69	50.9	14.97	0.14	
K1-2-5	51.06	50.72	13.993	0.16	
K1-2-6	50.82	50.79	14.264	0.15	

Lisa 4. Sisesidususe katseperioodi 1 – 3 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejäõud, N/mm ²	Märkused
K1-3-1	51.16	50.79	13.91	0.17	
K1-3-2	51.11	50.7	13.902	0.17	
K1-3-3	50.68	50.67	13.694	0.28	
K1-3-4	50.52	50.61	14.046	0.19	
K1-3-5	50.77	50.67	12.648	0.26	
K1-3-6	50.89	50.68	13.498	0.29	

Lisa 5. Sisesidususe katseperioodi 1 – 4 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejäõud, N/mm ²	Märkused
K1-4-1	50.71	50.48	13.164	0.24	
K1-4-2	50.55	50.74	13.548	0.30	
K1-4-3	50.74	50.75	13.646	0.20	
K1-4-4	50.68	50.66	13.917	0.35	
K1-4-5	50.59	50.69	14.103	0.21	
K1-4-6	50.91	50.65	13.111	0.21	

Lisa 6. Sisesidususe katseperioodi 2 – 1 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejäõud, N/mm ²	Märkused
K2-1-1	50.88	50.89	14.922	0.19	
K2-1-2	50.9	50.89	14.84	0.17	
K2-1-3	50.94	50.79	14.488	0.15	
K2-1-4	50.73	50.84	14.539	0.17	
K2-1-5	50.86	50.8	14.226	0.14	
K2-1-6	51.15	50.66	14.45	0.10	

Lisa 7. Sisesidususe katseperioodi 2 – 2 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejäud, N/mm ²	Märkused
K2-2-1	50.85	50.76	14.982	0.15	
K2-2-2	50.76	50.77	14.54	0.16	
K2-2-3	50.86	50.74	13.856	0.17	
K2-2-4	50.96	50.8	15.092	0.17	
K2-2-5	51.22	50.78	14.472	0.22	
K2-2-6	51.31	50.9	15.061	0.14	

Lisa 8. Sisesidususe katseperioodi 2 – 3 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbepinge, Mpa	Märkused
K2-3-1	50.13	50.69	13.484	0.24	
K2-3-2	50.69	50.72	13.429	0.10	
K2-3-3	50.77	50.58	12.652	0.11	
K2-3-4	51.06	50.84	14.213	0.25	
K2-3-5	50.66	50.69	13.224	0.25	
K2-3-6	50.6	50.76	13.108	0.18	

Lisa 9. Sisesidususe katseperioodi 2 – 4 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejäud, N/mm ²	Märkused
K2-4-1	50.67	50.74	13.503	0.35	
K2-4-2	50.68	50.73	13.529	0.23	
K2-4-3	50.61	50.8	13.566	0.14	
K2-4-4	50.65	50.69	12.956	0.23	
K2-4-5	50.66	50.64	12.738	0.22	
K2-4-6	50.87	50.73	13.421	0.25	

Lisa 10. Sisesidususe katseperioodi 3 – 1 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
K3-1-1	50.72	50.83	14.789	0.21	
K3-1-2	51.05	51.06	14.514	0.16	
K3-1-3	50.95	50.86	14.775	0.22	
K3-1-4	50.9	50.73	14.579	0.12	
K3-1-5	50.9	50.71	14.713	0.18	
K3-1-6	50.71	50.8	14.726	0.14	

Lisa 11. Sisesidususe katseperioodi 3 – 2 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
K3-2-1	50.81	50.81	14.236	0.16	
K3-2-2	50.86	50.82	14.117	0.11	
K3-2-3	50.92	50.92	15.759	0.12	
K3-2-4	50.76	51.06	15.029	0.18	
K3-2-5	50.93	50.59	14.723	0.16	
K3-2-6	50.98	50.78	15.001	0.15	

Lisa 12. Sisesidususe katseperioodi 3 – 3 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
K3-3-1	50.73	50.74	13.733	0.12	
K3-3-2	50.76	50.67	13.622	0.21	
K3-3-3	50.77	50.78	14.053	0.21	
K3-3-4	51.34	50.69	13.537	0.28	
K3-3-5	50.76	50.66	13.624	0.19	
K3-3-6	50.65	50.78	14.053	0.23	

Lisa 13. Sisesidususe katseperioodi 3 – 4 katsekehade tulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
K3-4-1	50.64	50.73	13.58	0.14	
K3-4-2	51.21	50.77	13.696	0.22	
K3-4-3	50.74	50.79	14.285	0.17	
K3-4-4	50.93	50.8	13.731	0.14	
K3-4-5	50.83	50.64	13.785	0.22	
K3-4-6	50.73	50.75	13.446	0.19	

Lisa 14. Sisesidususe katseperioodi 0 – 0 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P0-0-1	50.6	50.4	11.583	0.20	
P0-0-2	55.57	50.55	11.775	0.24	
P0-0-3	50.37	50.47	11.707	0.43	
P0-0-4	50.44	50.51	11.827	0.44	
P0-0-5	50.67	50.26	11.601	0.36	
P0-0-6	50.81	50.51	11.675	0.39	

Lisa 15. Sisesidususe katseperioodi 1 – 1 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P1-1-1	50.81	50.71	14.13	0.18	
P1-1-2	50.71	50.8	14.177	0.14	
P1-1-3	50.9	50.65	13.92	0.12	
P1-1-4	50.8	50.94	13.817	0.17	
P1-1-5	50.7	51.03	13.876	0.17	
P1-1-6	50.75	50.76	14.304	0.14	

Lisa 16. Sisesidususe katseperioodi 1 – 2 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P1-2-1	50.78	50.79	15.112	0.17	
P1-2-2	50.75	50.55	14.813	0.14	
P1-2-3	51.47	51.11	15.055	0.11	
P1-2-4	51.24	50.98	15.295	0.07	
P1-2-5	51.08	50.61	14.795	0.14	
P1-2-6	50.66	50.71	14.619	0.21	

Lisa 17. Sisesidususe katseperioodi 1 – 3 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P1-3-1	50.75	50.54	14.208	0.13	
P1-3-2	50.83	50.58	14.055	0.15	
P1-3-3	51.32	50.6	13.895	0.25	
P1-3-4	50.81	50.51	13.562	0.21	
P1-3-5	50.77	50.83	13.993	0.15	
P1-3-6	50.66	50.71	13.935	0.19	

Lisa 18. Sisesidususe katseperioodi 1 – 4 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P1-4-1	50.79	50.64	14.388	0.19	
P1-4-2	50.73	50.6	13.751	0.16	
P1-4-3	50.78	50.61	14.543	0.19	
P1-4-4	50.68	50.7	13.739	0.18	
P1-4-5	50.93	50.67	13.997	0.22	
P1-4-6	50.69	50.75	13.764	0.22	

Lisa 19. Sisesidususe katseperioodi 2 – 1 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P2-1-1	51.36	50.98	14.855	0.13	
P2-1-2	50.61	50.89	14.82	0.14	
P2-1-3	51.45	51.03	15.465	0.11	
P2-1-4	50.96	50.85	15.067	0.10	
P2-1-5	51.16	50.65	15.025	0.13	
P2-1-6	51.13	50.86	15.093	0.17	

Lisa 20. Sisesidususe katseperioodi 2 – 2 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P2-2-1	50.86	50.46	15.023	0.15	
P2-2-2	50.93	50.82	14.527	0.05	
P2-2-3	50.83	50.8	14.445	0.10	
P2-2-4	50.96	50.78	14.894	0.16	
P2-2-5	50.79	50.48	14.732	0.11	
P2-2-6	51.06	50.82	14.743	0.10	

Lisa 21. Sisesidususe katseperioodi 2 – 3 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbepinge, Mpa	Märkused
P2-3-1	51.4	50.76	13.953	0.13	
P2-3-2	50.68	50.55	13.734	0.13	
P2-3-3	50.92	50.53	13.282	0.16	
P2-3-4	50.83	50.65	13.883	0.11	
P2-3-5	50.72	50.64	13.384	0.16	
P2-3-6	50.77	50.54	14.225	0.12	

Lisa 22. Sisesidususe katseperioodi 2 – 4 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P2-4-1	51.16	50.74	13.898	0.12	
P2-4-2	51.06	50.84	13.713	0.13	
P2-4-3	50.67	50.8	13.502	0.13	
P2-4-4	50.76	50.67	14.071	0.19	
P2-4-5	50.91	50.58	14.219	0.09	
P2-4-6	50.71	50.78	13.96	0.20	

Lisa 23. Sisesidususe katseperioodi 3 – 1 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P3-1-1	51.19	50.79	14.998	0.15	
P3-1-2	50.7	50.95	14.003	0.09	
P3-1-3	50.75	50.97	15.34	0.11	
P3-1-4	50.9	50.67	15.631	0.07	
P3-1-5	51.15	50.79	14.993	0.14	
P3-1-6	50.84	50.74	14.976	0.12	

Lisa 24. Sisesidususe katseperioodi 3 – 2 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P3-2-1	50.81	51.01	14.988	0.15	
P3-2-2	51.49	50.8	15.124	0.13	
P3-2-3	50.94	50.31	15.185	0.16	
P3-2-4	50.79	50.88	15.635	0.12	
P3-2-5	50.72	50.97	14.767	0.10	
P3-2-6	51.06	51.14	15.2	0.17	

Lisa 25. Sisesidususe katseperioodi 3 – 3 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P3-3-1	51.03	50.67	13.103	0.14	
P3-3-2	50.74	50.66	13.592	0.14	
P3-3-3	50.79	50.63	13.837	0.10	
P3-3-4	50.88	50.73	13.718	0.18	
P3-3-5	50.94	50.65	13.85	0.18	
P3-3-6	51.05	50.55	14.312	0.03	

Lisa 26. Sisesidususe katseperioodi 3 – 4 katsekehade, kruviga plaadi abiteje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
P3-4-1	50.93	50.55	13.891	0.14	
P3-4-2	50.87	50.76	13.744	0.20	
P3-4-3	50.63	50.75	14.091	0.14	
P3-4-4	51.18	50.61	13.472	0.23	
P3-4-5	51.19	50.71	13.386	0.17	
P3-4-6	51.12	50.68	14.234	0.13	

Lisa 27. Sisesidususe katseperioodi 0 – 0 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
R0-0-1	50.6	50.52	11.524	0.65	
R0-0-2	50.76	50.51	12.091	0.45	
R0-0-3	50.81	50.51	11.372	0.44	
R0-0-4	50.51	50.4	11.381	0.40	
R0-0-5	50.58	50.34	11.604	0.50	
R0-0-6	50.65	50.54	11.873	0.32	

Lisa 28. Sisesidususe katseperioodi 1 – 1 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
R1-1-1	50.89	50.7	13.894	0.14	
R1-1-2	50.73	50.67	13.751	0.08	
R1-1-3	50.81	50.78	13.287	0.14	
R1-1-4	51.1	51	14.188	0.18	
R1-1-5	51.01	50.76	14.336	0.18	
R1-1-6	50.88	50.94	14.255	0.16	

Lisa 29. Sisesidususe katseperioodi 1 – 2 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
R1-2-1	51.01	50.85	14.834	0.12	
R1-2-2	50.85	50.83	15.118	0.14	
R1-2-3	50.81	50.81	14.445	0.11	
R1-2-4	50.89	50.68	14.285	0.19	
R1-2-5	51.17	50.84	14.625	0.15	
R1-2-6	50.84	50.83	15.778	0.03	

Lisa 30. Sisesidususe katseperioodi 1 – 3 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbejõud, N/mm ²	Märkused
R1-3-1	50.7	50.72	14.283	0.17	
R1-3-2	50.85	50.46	14.596	0.12	
R1-3-3	50.99	50.57	13.817	0.05	
R1-3-4	50.64	50.64	13.468	0.25	
R1-3-5	50.78	50.71	14.462	0.09	
R1-3-6	51.33	50.7	13.804	0.22	

Lisa 31. Sisesidususe katseperioodi 1 – 4 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
R1-4-1	50.8	50.79	14.018	0.17	
R1-4-2	50.77	50.63	13.904	0.11	
R1-4-3	50.86	50.81	14.143	0.24	
R1-4-4	50.81	50.8	14.855	0.04	mõranenud
R1-4-5	51.18	50.67	14.088	0.23	
R1-4-6	50.63	50.69	13.861	0.05	mõranenud

Lisa 32. Sisesidususe katseperioodi 2 – 1 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
R2-1-1	50.82	50.85	15.073	0.11	
R2-1-2	50.95	50.94	15.593	0.12	
R2-1-3	50.79	50.79	14.872	0.05	
R2-1-4	50.71	50.88	14.86	0.14	
R2-1-5	51.01	50.82	16.008	0.06	
R2-1-6	51.22	50.75	14.873	0.18	

Lisa 33. Sisesidususe katseperioodi 2 – 2 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
R2-2-1	51.06	51.07	15.515	0.11	
R2-2-2	51.35	50.98	15.136	0.13	
R2-2-3	50.8	50.95	15.536	0.13	
R2-2-4	50.9	51.04	14.804	0.11	
R2-2-5	51.02	51.06	15.612	0.15	
R2-2-6	50.72	50.89	15.888	0.12	

Lisa 34. Sisesidususe katseperioodi 2 – 3 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbepinge, Mpa	Märkused
R2-3-1	50.85	50.67	13.825	0.16	
R2-3-2	50.87	50.71	14.141	0.21	
R2-3-3	50.8	50.75	13.366	0.10	
R2-3-4	50.72	50.81	13.172	0.20	
R2-3-5	50.82	50.75	13.203	0.13	
R2-3-6	50.76	50.68	13.657	0.15	

Lisa 35. Sisesidususe katseperioodi 2 – 4 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
R2-4-1	50.76	50.81	13.991	0.25	
R2-4-2	50.81	50.73	13.569	0.15	
R2-4-3	50.77	50.65	13.839	0.21	
R2-4-4	50.91	50.59	14.179	0.29	
R2-4-5	50.92	50.65	13.85	0.12	
R2-4-6	50.98	50.64	13.504	0.14	

Lisa 36. Sisesidususe katseperioodi 3 – 1 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
R3-1-1	50.74	50.82	14.605	0.17	
R3-1-2	51.08	50.93	15.347	0.16	
R3-1-3	50.91	50.91	14.656	0.11	
R3-1-4	50.87	50.81	15.445	0.15	
R3-1-5	50.98	50.71	15.322	0.14	
R3-1-6	50.57	50.63	15.039	0.14	

Lisa 37. Sisesidususe katseperioodi 3 – 2 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
R3-2-1	51.33	50.91	14.948	0.15	
R3-2-2	50.9	51.11	15.112	0.10	
R3-2-3	50.98	51.22	15.282	0.13	
R3-2-4	50.94	50.76	14.567	0.16	
R3-2-5	50.88	50.74	14.378	0.12	
R3-2-6	51.4	50.8	15.369	0.13	

Lisa 38. Sisesidususe katseperioodi 3 – 3 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
R3-3-1	50.81	50.6	14.356	0.16	
R3-3-2	50.75	50.55	13.71	0.17	
R3-3-3	50.71	50.72	14.04	0.21	
R3-3-4	50.92	50.67	13.623	0.14	
R3-3-5	51.04	50.81	14.821	0.13	
R3-3-6	50.35	50.75	13.865	0.17	

Lisa 39. Sisesidususe katseperioodi 3 – 4 katsekehade, kruviga plaadi peateje sihis, katsetulemused

Katsekeha tähistus	Katsekeha pikkus, mm	Katsekeha laius, mm	Katsekeha paksus, mm	Tõmbe jõud, N/mm ²	Märkused
R3-4-1	51.49	50.6	13.71	0.15	
R3-4-2	50.79	50.71	14.132	0.24	
R3-4-3	50.9	50.7	13.523	0.14	
R3-4-4	50.57	50.56	13.479	0.25	
R3-4-5	50.84	50.67	14.334	0.17	
R3-4-6	50.99	50.68	13.336	0.19	

**Lisa 40. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 0 – 0 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P0-0-11	1.53	
P0-0-12	1.74	
P0-0-13	1.31	
P0-0-21	0.97	
P0-0-22	1.29	
P0-0-23	1.24	
P0-0-31	1.72	
P0-0-32	1.07	
P0-0-33	1.46	

**Lisa 41. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 1 – 1 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P1-1-11	0.35	
P1-1-12	0.4	
P1-1-13	0.61	
P1-1-21	0.66	
P1-1-22	0.73	
P1-1-23	0.63	
P1-1-31	0.54	
P1-1-32	0.83	
P1-1-33	0.66	

**Lisa 42. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 1 – 2 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P1-2-11	0.41	
P1-2-12	0.46	
P1-2-13	0.58	
P1-2-21	0.46	
P1-2-22	0.42	
P1-2-23	0.48	
P1-2-31	0.56	
P1-2-32	0.33	
P1-2-33	0.49	

**Lisa 43. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 1 – 3 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, Kn	Märkused
P1-3-11	0.94	
P1-3-12	0.53	
P1-3-13	0.97	
P1-3-21	0.84	
P1-3-22	0.95	
P1-3-23	0.77	
P1-3-31	0.59	
P1-3-32	0.71	
P1-3-33	0.54	

**Lisa 44. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 1 – 4 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P1-4-11	0.91	
P1-4-12	0.77	
P1-4-13	0.77	
P1-4-21	0.42	
P1-4-22	0.47	
P1-4-23	0.7	
P1-4-31	0.48	
P1-4-32	0.55	
P1-4-33	0.56	

**Lisa 45. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 2 – 1 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P2-1-11	0.33	
P2-1-12	0.51	
P2-1-13	0.59	
P2-1-21	0.64	
P2-1-22	0.69	
P2-1-23	0.51	
P2-1-31	0.44	
P2-1-32	0.58	
P2-1-33	0.44	

**Lisa 46. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 2 – 2 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P2-2-11	0.46	
P2-2-12	0.43	
P2-2-13	0.42	
P2-2-21	0.42	
P2-2-22	0.38	
P2-2-23	0.28	
P2-2-31	0.31	
P2-2-32	0.34	
P2-2-33	0.36	

**Lisa 47. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 2 – 3 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P2-3-11	0.55	
P2-3-12	0.88	
P2-3-13	0.58	
P2-3-21	0.37	
P2-3-22	0.86	
P2-3-23	0.65	
P2-3-31	0.77	
P2-3-32	0.87	
P2-3-33	0.68	

**Lisa 48. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 2 – 4 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P2-4-11	0.39	
P2-4-12	0.73	
P2-4-13	0.66	
P2-4-21	0.45	
P2-4-22	0.48	
P2-4-23	0.59	
P2-4-31	0.66	
P2-4-32	0.7	
P2-4-33	0.76	

**Lisa 49. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 3 – 1 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P3-1-11	0.39	
P3-1-12	0.31	
P3-1-13	0.4	
P3-1-21	0.37	
P3-1-22	0.48	
P3-1-23	0.37	
P3-1-31	0.42	
P3-1-32	0.52	
P3-1-33	0.54	

**Lisa 50. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 3 – 2 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P3-2-11	0.55	
P3-2-12	0.57	
P3-2-13	0.47	
P3-2-21	0.72	
P3-2-22	0.57	
P3-2-23	0.47	
P3-2-31	0.48	
P3-2-32	0.55	
P3-2-33	0.4	

**Lisa 51. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 3 – 3 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P3-3-11	0.52	
P3-3-12	0.66	
P3-3-13	0.52	
P3-3-21	0.47	
P3-3-22	0.53	
P3-3-23	0.45	
P3-3-31	0.63	
P3-3-32	0.58	
P3-3-33	0.58	

**Lisa 52. Katsekehade, plaadi abitelje sihis, katseperioodi 3 – 4 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P3-4-11	0.68	
P3-4-12	0.56	
P3-4-13	0.69	
P3-4-21	0.73	
P3-4-22	0.49	
P3-4-23	0.8	
P3-4-31	0.43	
P3-4-32	0.51	
P3-4-33	0.51	

**Lisa 53. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 0 – 0 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R0-0-11	2.13	
R0-0-12	1.57	
R0-0-13	1.35	
R0-0-21	0.88	
R0-0-22	1.52	
R0-0-23	0.94	
R0-0-31	1.66	
R0-0-32	1.82	
R0-0-33	1.56	

**Lisa 54. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 1 – 1 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R1-1-11	0.57	
R1-1-12	0.61	
R1-1-13	0.51	
R1-1-21	0.6	
R1-1-22	0.64	
R1-1-23	0.5	
R1-1-21	0.48	
R1-1-22	0.66	
R1-1-23	0.54	

**Lisa 55. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 1 – 2 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R1-2-11	0.57	
R1-2-12	0.53	
R1-2-13	0.48	
R1-2-21	0.49	
R1-2-22	0.54	
R1-2-23	0.55	
R1-2-21	0.57	
R1-2-22	0.43	
R1-2-23	0.63	

**Lisa 56. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 1 – 3 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, Kn	Märkused
R1-3-11	0.99	
R1-3-12	1.26	
R1-3-13	1.04	
R1-3-21	0.72	
R1-3-22	0.71	
R1-3-23	0.97	
R1-3-31	0.97	
R1-3-32	0.83	
R1-3-33	0.87	

**Lisa 57. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 1 – 4 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R1-4-11	0.64	
R1-4-12	0.86	
R1-4-13	0.46	
R1-4-21	0.64	
R1-4-22	0.5	
R1-4-23	0.86	
R1-4-31	0.71	
R1-4-32	0.76	
R1-4-33	0.77	

**Lisa 58. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 2 – 1 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R2-1-11	0.43	
R2-1-12	0.47	
R2-1-13	0.48	
R2-1-21	0.56	
R2-1-22	0.58	
R2-1-23	0.51	
R2-1-21	0.6	
R2-1-22	0.52	
R2-1-23	0.65	

**Lisa 59. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 2 – 2 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R2-2-11	0.63	
R2-2-12	0.81	
R2-2-13	0.76	
R2-2-21	0.42	
R2-2-22	0.58	
R2-2-23	0.51	
R2-2-21	0.51	
R2-2-22	0.49	
R2-2-23	0.74	

**Lisa 60. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 2 – 3 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R2-3-11	0.66	
R2-3-12	0.61	
R2-3-13	0.78	
R2-3-21	0.52	
R2-3-22	0.82	
R2-3-23	0.77	
R2-3-31	0.75	
R2-3-32	0.66	
R2-3-33	0.9	

**Lisa 61. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 2 – 4 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R2-4-11	0.71	
R2-4-12	0.9	
R2-4-13	0.63	
R2-4-21	0.71	
R2-4-22	0.67	
R2-4-23	0.86	
R2-4-31	0.61	
R2-4-32	0.65	
R2-4-33	0.56	

**Lisa 62. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 3 – 1 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R3-1-11	0.55	
R3-1-12	0.32	
R3-1-13	0.45	
R3-1-21	0.4	
R3-1-22	0.41	
R3-1-23	0.36	
R3-1-31	0.41	
R3-1-32	0.43	
R3-1-33	0.58	

**Lisa 63. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 3 – 2 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R3-2-11	0.74	
R3-2-12	0.7	
R3-2-13	0.78	
R3-2-21	0.65	
R3-2-22	0.66	
R3-2-23	0.62	
R3-2-31	0.51	
R3-2-32	0.57	
R3-2-33	0.62	

**Lisa 64. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 3 – 3 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R3-3-11	0.58	
R3-3-12	0.57	
R3-3-13	0.57	
R3-3-21	1.04	
R3-3-22	0.81	
R3-3-23	1.04	
R3-3-31	0.85	
R3-3-32	0.71	
R3-3-33	0.87	

**Lisa 65. Katsekehade, plaadi peatelje sihis, katseperioodi 3 – 4 serva
kinnitatud kruvide väljatõmbe katsetulemused**

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R3-4-11	0.65	
R3-4-12	0.74	
R3-4-13	0.69	
R3-4-21	0.55	
R3-4-22	0.84	
R3-4-23	0.51	
R3-4-31	0.91	
R3-4-32	0.7	
R3-4-33	1.11	

Lisa 66. Katsekehade katseperioodi 0 – 0 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P0-0-11	0.99	
P0-0-12	1.1	
P0-0-21	0.69	
P0-0-22	0.83	
P0-0-31	0.61	
P0-0-32	0.65	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R0-0-11	0.88	
R0-0-12	0.92	
R0-0-21	0.89	
R0-0-22	0.62	
R0-0-31	0.79	
R0-0-32	0.56	

Lisa 67. Katsekehade katseperioodi 1 – 1 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P1-1-11	0.4	
P1-1-12	0.47	
P1-1-21	0.73	
P1-1-22	0.46	
P1-1-31	0.36	
P1-1-32	0.6	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R1-1-11	0.61	
R1-1-12	0.66	
R1-1-21	0.51	
R1-1-22	0.55	
R1-1-31	0.26	
R1-1-32	0.39	

Lisa 68. Katsekehade katseperioodi 1 – 2 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P1-2-11	0.59	
P1-2-12	0.66	
P1-2-21	0.4	
P1-2-22	0.52	
P1-2-31	0.55	
P1-2-32	0.53	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R1-2-11	0.66	
R1-2-12	0.64	
R1-2-21	0.49	
R1-2-22	0.55	
R1-2-31	0.47	
R1-2-32	0.7	

Lisa 69. Katsekehade katseperioodi 1 – 3 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P1-3-11	0.89	
P1-3-12	0.87	
P1-3-21	0.4	
P1-3-22	0.4	
P1-3-31	0.54	
P1-3-32	0.69	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R1-3-11	0.6	
R1-3-12	0.46	
R1-3-21	1.09	
R1-3-22	0.77	
R1-3-31	0.72	
R1-3-32	0.78	

Lisa 70. Katsekehade katseperioodi 1 – 4 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P1-4-11	0.53	
P1-4-12	0.43	
P1-4-21	0.69	
P1-4-22	0.63	
P1-4-31	0.71	
P1-4-32	0.72	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R1-4-11	0.81	
R1-4-12	0.61	
R1-4-21	0.67	
R1-4-22	0.59	
R1-4-31	0.64	
R1-4-32	0.73	

Lisa 71. Katsekehade katseperioodi 2 – 1 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P2-1-11	0.48	
P2-1-12	0.31	
P2-1-21	0.4	
P2-1-22	0.44	
P2-1-31	0.5	
P2-1-32	0.52	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R2-1-11	0.58	
R2-1-12	0.37	
R2-1-21	0.57	
R2-1-22	0.49	
R2-1-21	0.46	
R2-1-22	0.42	

Lisa 72. Katsekehade katseperioodi 2 – 2 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P2-2-11	0.49	
P2-2-12	0.5	
P2-2-21	0.43	
P2-2-22	0.48	
P2-2-31	0.44	
P2-2-32	0.41	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R2-2-11	0.32	
R2-2-12	0.49	
R2-2-21	0.39	
R2-2-22	0.39	
R2-2-31	0.42	
R2-2-32	0.32	

Lisa 73. Katsekehade katseperioodi 2 – 3 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P2-3-11	0.62	
P2-3-12	0.62	
P2-3-21	0.75	
P2-3-22	0.87	
P2-3-31	0.59	
P2-3-32	0.61	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R2-3-11	0.65	
R2-3-12	0.59	
R2-3-21	0.53	
R2-3-22	0.69	
R2-3-31	0.67	
R2-3-32	0.59	

Lisa 74. Katsekehade katseperioodi 2 – 4 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P2-4-11	0.39	
P2-4-12	0.8	
P2-4-21	0.67	
P2-4-22	0.74	
P2-4-31	0.61	
P2-4-32	0.75	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R2-4-11	0.4	
R2-4-12	0.6	
R2-4-21	0.57	
R2-4-22	0.73	
R2-4-31	0.71	
R2-4-32	0.54	

Lisa 75. Katsekehade katseperioodi 3 – 1 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P3-1-11	0.47	
P3-1-12	0.51	
P3-1-21	0.33	
P3-1-22	0.38	
P3-1-31	0.34	
P3-1-32	0.6	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R3-1-11	0.22	
R3-1-12	0.41	
R3-1-21	0.4	
R3-1-22	0.36	
R3-1-31	0.48	
R3-1-32	0.51	

Lisa 76. Katsekehade katseperioodi 3 – 2 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P3-2-11	0.35	
P3-2-12	0.44	
P3-2-21	0.51	
P3-2-22	0.54	
P3-2-31	0.35	
P3-2-32	0.53	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R3-2-11	0.6	
R3-2-12	0.45	
R3-2-21	0.51	
R3-2-22	0.63	
R3-2-31	0.65	
R3-2-32	0.6	

Lisa 77. Katsekehade katseperioodi 3 – 3 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P3-3-11	0.72	
P3-3-12	0.48	
P3-3-21	0.75	
P3-3-22	0.35	
P3-3-31	0.41	
P3-3-32	0.59	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R3-3-11	0.6	
R3-3-12	0.7	
R3-3-21	0.55	
R3-3-22	0.65	
R3-3-31	0.49	
R3-3-32	0.76	

Lisa 78. Katsekehade katseperioodi 3 – 4 pealt kinnitatud kruvi väljatõmbe katsetulemused

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
P3-4-11	0.72	
P3-4-12	0.85	
P3-4-21	0.58	
P3-4-22	0.72	
P3-4-31	0.72	
P3-4-32	0.66	

Katsekeha tähistus	Tõmbejõud, kN	Märkused
R3-4-11	0.77	
R3-4-12	0.48	
R3-4-21	0.51	
R3-4-22	0.59	
R3-4-31	0.58	
R3-4-32	0.61	

Lisa 79. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Renar Telling,

(sünnipäev 26/05/1993)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

OSB/3 plaadi valitud mehaaniliste ja füüsikaliste omaduste muutumine väikese arvu vananemise perioodide tõttu,

mille juhendaja on Harri Lille ja Regino Kask,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 30.05.2019

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)